

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 1

## **ЗАТВЕРДЖЕНО**

Науково-методичною радою  
Державного університету  
«Житомирська політехніка»  
протокол від 12 вересня 2024 р.  
№ 5

### **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ до лабораторних робіт з дисципліни «ОСНОВИ КОНСТРУЮВАННЯ АВТОМОБІЛЯ»**

для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «бакалавр»  
спеціальності 274 «Автомобільний транспорт»  
освітньо-професійна програма «Автомобільний транспорт»  
Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій,  
мехатроніки і робототехніки  
Кафедра автомобілів і транспортних технологій

Рекомендовано на засіданні  
кафедри автомобілів і  
транспортних технологій  
23 серпня 2024 р., протокол № 7

Розробники: к.т.н., завідувач кафедри автомобілів і транспортних технологій  
Володимир ШУМЛЯКІВСЬКИЙ, асистент кафедри автомобілів і транспортних  
технологій Олександр БАГІНСЬКИЙ

Житомир  
2024

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1 Арк 79 / 2	

Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Основи конструювання автомобіля» для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» освітньо-професійна програма «Автомобільний транспорт» [Електронне видання]. – Житомир: Державний університет «Житомирська політехніка», 2024. – 79 с.

**Розробники:** к.т.н., завідувач кафедри автомобілів і транспортних технологій Володимир ШУМЛЯКІВСЬКИЙ, асистент кафедри автомобілів і транспортних технологій Олександр БАГІНСЬКИЙ

**Рецензенти:**

*Дмитро БЕГЕРСЬКИЙ* – кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобілів і транспортних технологій.

*Ігор ШЕПЕЛЕНКО* – доктор технічних наук, професор, професор кафедри автомобілів і транспортних технологій.

Затверджено Вченою радою факультету комп’ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки

(протокол № 6 від «28» серпня 2024 р.)

Методичні рекомендації призначені для забезпечення підготовки, виконання та захисту лабораторних робіт з дисципліни «Основи конструювання автомобіля» студентами освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» освітньо-професійна програма «Автомобільний транспорт».

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 3

## ЗМІСТ

Лабораторна робота № 1 .....	4
Лабораторна робота № 2 .....	9
Лабораторна робота № 3 .....	15
Лабораторна робота № 4 .....	20
Лабораторна робота № 5 .....	30
Лабораторна робота № 6 .....	35
Лабораторна робота № 7 .....	42
Лабораторна робота № 8 .....	57

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 4

## Лабораторна робота № 1

Тема: Вивчення конструкції прямозубого циліндричного зубчастого редуктора.

Мета роботи – ознайомитись з основними конструкціями циліндричних зубчастих редукторів, з'ясувати порядок складання, розбирання та регулювання вузлів та призначення їх деталей, виміряти та розрахунковим шляхом визначити геометричні, кінематичні та силові параметри, скласти кінематичну схему, записати технічну характеристику та сформулювати технічні вимоги.

### Конструкція редуктора

В лабораторній роботі використовується двоступінчастий циліндричний редуктор виконаний за розгорнутою схемою, конструкція якого представлена на рисунку 1.1.

Корпус редуктора рознімний, корпусні деталі – корпус 1 і кришка корпусу 2 виготовлені виливанням з сірого чавуну марки СЧ12 чи СЧ15 за ДСТУ EN 1561:2010. У корпусних деталях поблизу гнізд підшипників виконані бобишки, які дозволяють наблизити стяжні болти 13 до отворів під підшипники, додаючи цим жорсткості болтовому з'єднанню. Фіксація положення кришки редуктора відносно корпусу виконується двома штифтами 15 ще перед розточуванням отворів під підшипники. У верхньому поясі корпусу встановлений віджимний гвинт 20, який полегшує розбирання редуктора. Шестерня швидкохідної передачі з числом зубців  $Z_1$  виконана за одне ціле з вхідним валом редуктора (вал-шестерня), колесо з числом зубців  $Z_2$  - насаджене з натягом на проміжний вал-шестерню тихохідного ступеню.

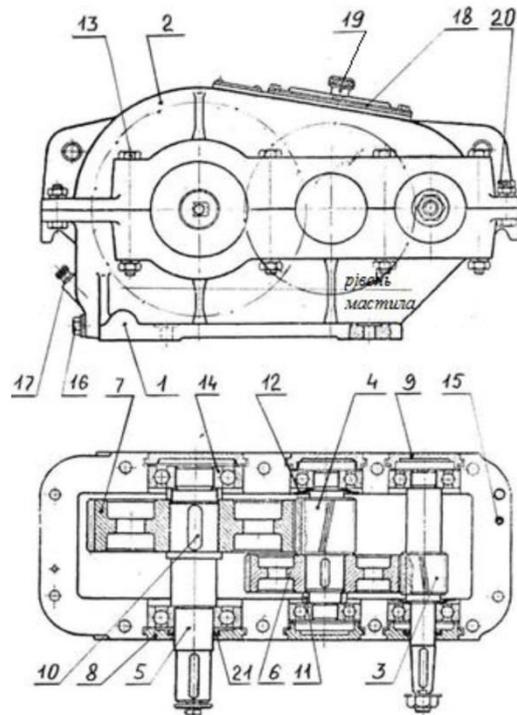
Тихохідна передача складається з валу-шестерні і колеса з числами зубців  $Z_3$  і  $Z_4$  та має аналогічне конструктивне вирішення.

Тихохідний вал 5 виготовлений окремо. Швидкохідний і проміжний вали 3, 4 – разом з зубчастими колесами (вали-шестерні).

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 5



а



б

Рис. 1.1. Циліндричний двоступінчастий редуктор: а – загальний вид; б – компоновка, де 1 – корпус; 2 – кришка корпусу; 3 – вал швидкохідний; 4 – проміжний вал; 5 – тихохідний вал; 6, 7 – колесо зубчасте; 8 – кришка наскрізна; 9 – кришка глуха; 10 – шпонка; 11 вал – дистанційне кільце; 12 – мастилозахисна шайба; 13 – болт; 14 – підшипник; 15 – штифт; 16 – пробка; 17 – мастилопоказчик; 18 – оглядовий люк; 19 – душник; 20 – віджимний гвинт; 21 – ущільнення

Габаритні та приєднувальні розміри редуктора показано на рисунку 1.2.

У якості опор валів використовують радіальні чи радіально-упорні (конічні роликові) підшипники, які сприймають радіальні та осьові навантаження, що виникають у косозубих зубчастих передачах. Осьову фіксацію валів виконують за схемою «у розпір», за якою торці внутрішніх кілець підшипників впираються у буртики валу чи в розпірні втулки, а зовнішні торці зовнішніх кілець – у торці кришок підшипників. Конструктивно кришки підшипників виконують наскрізними і глухими. Для запобігання витікання мастила під час роботи в наскрізні кришки вбудовують ущільнення.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 6

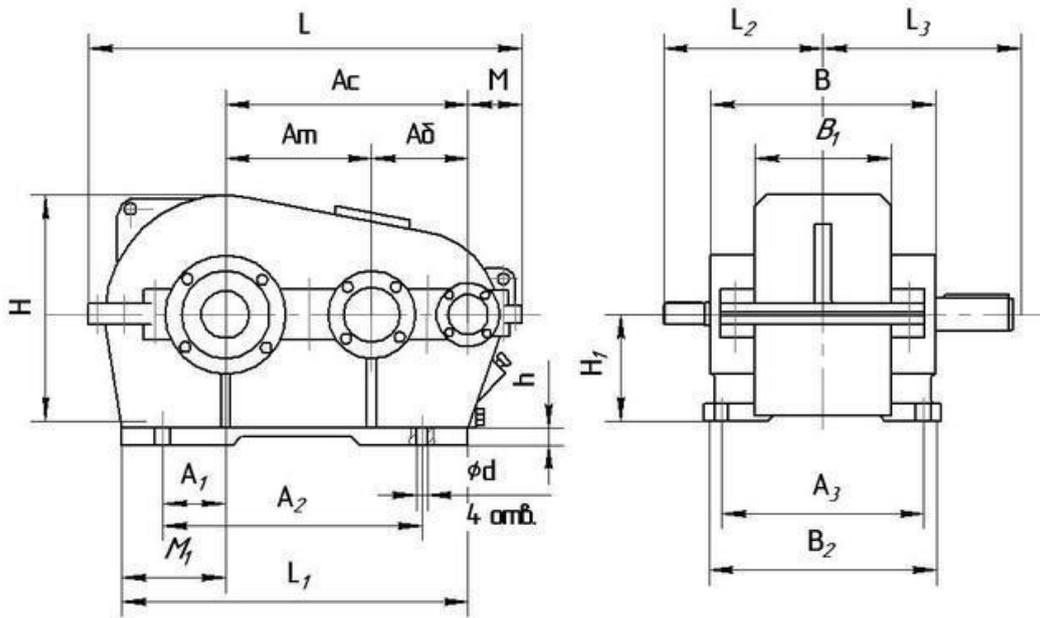


Рис. 1.2. Габаритні та приєднувальні розміри редуктора

Якщо встановлені підшипники, які не регулюються, то для компенсації теплових деформацій між торцем кришки і зовнішнім кільцем підшипника передбачають  $C = 0,2-0,5$  мм.

Внутрішні кільця підшипників встановлюють на вали з натягом для запобігання контактної корозії. Зовнішні кільця встановлюють у отвори корпусних деталей з нульовим чи невеликим зазором, який забезпечує осьові зміщення підшипника під час теплового видовження валу.

Зубчасті передачі редукторів змащують рідкими мастильними матеріалами мінерального чи синтетичного походження. Рівень занурення колеса повинен становити приблизно дві висоти зубця. Мастило заливають через оглядовий люк 18. Контролюють рівень мастила жезловим мастилопоказчиком 17. Для зливання відпрацьованого мастила в нижній частині корпусу передбачають отвір, який під час роботи закривають пробкою 16.

Змащення підшипників виконується за рахунок розбризкування мастила. Для запобігання переповненням мастилом підшипника перед ним з боку шестірні на швидкохідному і проміжному валах можуть встановлювати мастиловідбійні кільця.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1 Арк 79 / 7	

Вирівнювання тиску всередині редуктора з атмосферним виконують душником 19.

#### Порядок виконання роботи

1. Провести зовнішній огляд редуктора. Зняти кришку. Вивчити будову редуктора і ознайомитись з конструкцією його основних деталей.
2. Накреслити кінематичну схему редуктора. За конструктивною схемою скласти специфікацію його основних деталей.
3. Заміряти габаритні, установочні і приєднувальні розміри редуктора, геометричні розміри зубчастих коліс і валів редуктора. Результати вимірювань занести у відповідні таблиці звіту з лабораторної роботи.
4. Обчислити основні параметри швидкохідної і тихохідної ступені, а також редуктора в цілому. Результати обчислень занести у протокол роботи.
5. Визначити тип встановлених на валах редуктора підшипників, ознайомитись з їхньою конструкцією, схемами установки, регулювання й змащення. З використанням довідників виписати їх основні розміри.
6. Ознайомитись з деталями, що обслуговують систему змащення редуктора (маслопоказчик, душник тощо). Визначити тип ущільнень валів і кришок редуктора.
7. Вивчити конструкцію корпусу й кришки редуктора, визначити розміри (рис. 1.2) їх елементів. За даними вимірювань скласти компоновальну схему редуктора і схему навантаження проміжного валу.
8. Оформити звіт з роботи.

#### Зміст звіту з лабораторної роботи

У звіті з лабораторної роботи повинні бути відображені наступні питання:

1. Назва лабораторної роботи та її мета.
2. Кінематична і конструктивна схеми редуктора.
3. Таблиці результатів вимірювань і розрахунків основних параметрів редуктора.
4. Специфікація деталей редуктора.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 8

5. Схема навантаження проміжного валу редуктора.
6. Технічна характеристика та технічні вимоги до редуктора.
7. Аналіз отриманих результатів роботи і висновки.

#### Контрольні запитання

1. У чому полягає мета роботи?
2. Який механізм називається редуктором і яке призначення він має?
3. Які основні схеми зубчастих двоступінчастих циліндричних редукторів використовуються? Охарактеризуйте кожну з них.
4. Як визначається загальне передаточне число редуктора і передаточні числа швидкохідної і тихохідної зубчастих передач?
5. Як змінюються частоти обертання і обертальні моменти на сусідніх валах редуктора?
6. Як змінюється потужність на валах передач редуктора?
7. Що таке модуль зубчастої передачі?
8. Які переваги і недоліки мають зубчастої передачі з косими зубцями?
9. Яка залежність є між торцевим і нормальним модулем у зубчастій передачі з косими зубцями? Який з модулів стандартизований?
10. Як визначаються модуль, кут нахилу і напрямок зубців, діаметри зубчастих коліс?
11. Які типи підшипників використані в опорних вузлах редуктора, за якою схемою вони встановлені і яке навантаження сприймають?
12. Які способи змащення зачеплення і підшипникових вузлів застосовують у редукторах?
13. Яке призначення мають оглядовий отвір, мастилопоказчик, мастиловідбійні кільця?
14. Як у редукторі виконують ущільнення валів?
15. Яку роль в конструкції редуктора виконують штифти?
16. Чому в площині роз'єму корпусних деталей редуктора не встановлюють гумову прокладку?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 9

## Лабораторна робота № 2

Тема: Вивчення конструкції косозубого циліндричного зубчастого редуктора.

**Мета роботи** - вивчення принципу роботи зубчастого циліндричного редуктора, визначити основні розміри і побудувати компоновочну схему.

### 2.1. Теоретична частина.

Редуктор виконується у вигляді окремого агрегату, який складається з одної, або декількох зубчастих передач, змонтованих в єдиному закритому корпусі і служить для передачі обертового руху з зменшенням кутової швидкості і збільшенням обертового моменту на вихідному валу.

В залежності від кінематичної схеми зубчасті редуктори можуть бути одно- і багатоступінчастими, простими і планетарними. По типу зубчастих передач вони діляться на циліндричні, конічні, черв'ячні, хвильові, спіроїдні і комбіновані: конічно-циліндричні; черв'ячно-циліндричні та інші.

### 2.2. Опис конструкції редуктора.

Робота виконується на базі двохступінчастого циліндричного редуктора, схема якого показана на рис 2.1.

Редуктор має корпус 4, кришку корпуса 3, косозубі зубчасті колісеса з числом зубців  $z_1$ ,  $z_2$ ,  $z_3$ ,  $z_4$ , вала швидкохідний (ведучий) 3, проміжний і тихохідний (ведений) 12, які монтуються на підшипниках кочення 10 і закриваються кришками підшипників 8 (глухими) і 11 (наскрізні). Кришка з корпусом редуктора з'єднується болтами з гайками 7. Для огляду

зачеплення і заливки мастила передбачене вікно, яке закривається кришкою 1. В кришку 1 монтується віддушину 2, яка призначена для вирівнювання тиску в середині редуктора з тиском зовнішнього середовища. Рівень мастила в редукторі контролюється масловимірником 6. Відпрацьоване мастило зливають через різьбовий отвір, який закриває пробка 5.

### 2.3. Методика виконання роботи.

1. Розібрати редуктор по складальним одиницям.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 10

2. Замірити висоту центрів Н над опорною поверхнею.
3. Відгвинтити болти, які кріплять кришки підшипників з корпусом.
4. Відгвинтити гайки болтів, які з'єднують кришку редуктора з корпусом  
4 і зняти кришку редуктора.
5. Виміряти міжосьові відстані  $a_{w1}$  і  $a_{w2}$ .
6. Виміряти ширину зубчастих коліс Б2 і Б4
7. Вийняти з корпусу ведучий, проміжний і ведений вали та визначити тип і серію підшипників.
8. Ознайомитися з конструкцією редуктора і його деталей.
9. Заміряти діаметр вершин зубців шестерень  $d_{a1}$  і  $d_{a2}$ .
10. Визначити основні параметри зубчастого зачеплення першої і другої передач по викладеній далі методиці.
11. По закінченню роботи скласти редуктор в зворотному порядку.

#### **2.4. Визначення основних параметрів зубчастих зачеплень передач редуктора.**

1. Підрахувати число зубців зубчастих коліс першої передачі  $z_1$  і  $z_2$  і визначити передаточне число:

$$u_1 = \frac{z_2}{z_1}$$

2. Визначити ділильний діаметр шестерні

$$d_1 = \frac{2a_w \cdot \cos \beta}{(1 + u_1)}$$

3. Визначити нормальний модуль зубців

$$m_{n1} = \frac{d_{a1} - d_1}{2}$$

4. Визначити висоту зубця зубчастих коліс

$$h_1 = 2,25m_{n1}$$

5. Визначити діаметр впадин шестерні

$$d_{f1} = d_1 - 2,5m_{n1}$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 11

6. Визначити ділильний діаметр  $d_2$ , діаметр вершин зубців  $d_{a2}$ , діаметр впадин зубчатого колеса  $d_{f2}$

$$d_2 = d_1 \cdot u_1$$

$$d_{a2} = d_2 + 2m_{n2}$$

$$d_{f2} = d_2 - 2,5m_{n2}$$

7. Визначити кут нахилу лінії зубця

$$\cos \beta_1 = \frac{m_{n1} \cdot z_1 \cdot (1 + u_1)}{2a_{w1}}$$

8. Визначити коловий модуль

$$m_{t1} = \frac{m_{n1}}{\cos \beta_1}$$

9. Визначити коефіцієнт ширини зубчастого колеса

$$\varphi_{a1} = \frac{b_2}{a_{w1}}$$

10. Визначити коловий ділильний крок

$$P_{t1} = \frac{\pi \cdot d_1}{z_1}$$

11. По вказаних формулах визначити основні параметри зубчатого зачеплення другої передачі.

12. Накреслити компоновочну схему зубчастого редуктора. Результати вимірів і розрахунків занести в табл. 2.1

Таблиця 2.1 Характеристика зачеплень

Параметри зачеплення		Позначення	Одиниця виміру
Міжосьова відстань	I ступені	$a_{w1} =$	
	II ступені	$a_{w2} =$	
Висота центрів валів над опорною поверхнею		$H =$	
Число зубців I ступені	шестерні	$Z_I =$	

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 12

редуктора	колеса	$Z_2 =$	
Число зубців II ступені редуктора	шестерні	$Z_3 =$	
	колеса	$Z_4 =$	
Передаточне число	I ступені	$u_1 =$	
	II ступені	$u_2 =$	
Ділильний діаметр I ступені редуктора	шестерні	$d_1 =$	
	колеса	$d_2 =$	
Ділильний діаметр II ступені редуктора	шестерні	$d_3 =$	
	колеса	$d_4 =$	
Діаметр вершин зубців I ступені редуктора	шестерні	$d_{a1} =$	
	колеса	$d_{a2} =$	
Діаметр вершин зубців II ступені редуктора	шестерні	$d_{a3} =$	
	колеса	$d_{a4} =$	
Діаметр впадин I ступені редуктора	шестерні	$d_{f1} =$	
	колеса	$d_{f2} =$	
Діаметр впадин II ступені редуктора	шестерні	$d_{f3} =$	
	колеса	$d_{f4} =$	
Кут нахилу лінії зубців	I ступені	$\beta_1 =$	
	II ступені	$\beta_2 =$	
Коловий модуль	I ступені	$m_1 =$	
	II ступені	$m_2 =$	
Нормальний модуль	I ступені	$m_{n1} =$	
	II ступені	$m_{n2} =$	
Коловий ділильний крок	I ступені	$P_{11} =$	
	II ступені	$P_{12} =$	

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 13

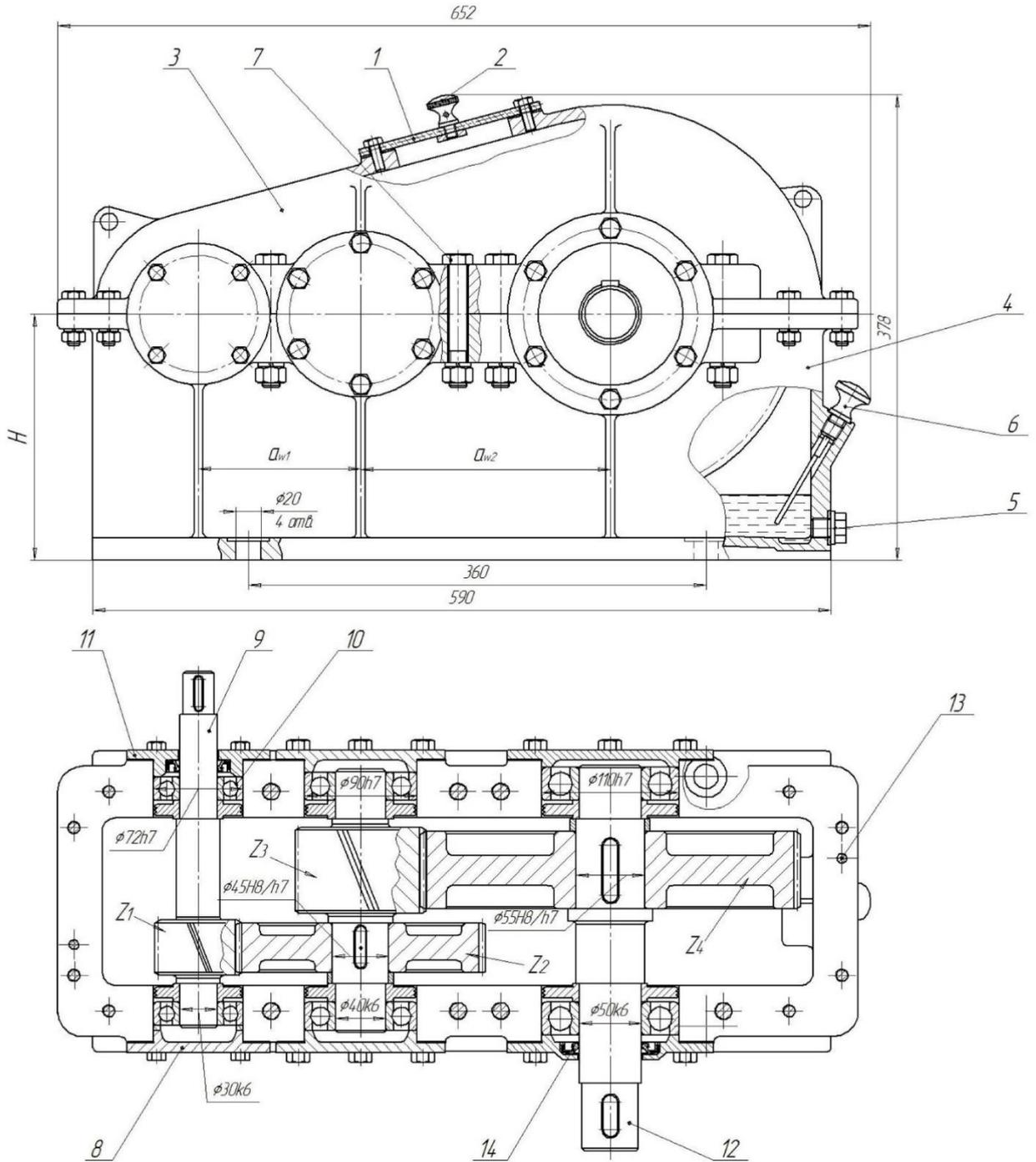


Рисунок 2.1 - Редуктор циліндричний двохступінчастий

## 2.5. Висновки.

В висновках необхідно дати коротку характеристику редуктора, звернувши увагу на конструкцію корпусу, передач опорних вузлів, способах змащування.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 14

## **2.6. Оформлення звіту.**

Звіт про лабораторну роботу повинен мати тему, мету, компоновочну схему редуктора, ескізи шестерні тихохідної ступені і колеса швидкісної ступені, таблиці підрахунків і замірів, а також висновки.

## **2.7. Питання для самоконтролю.**

1. Як визначити нормальний та торцевий модуль зачеплення?
2. Яка залежність між модулем і висотою зубця?
3. Як залежить ширина зубчастого колеса від міжосьової відстані, або ділильного діаметру шестерні?
4. Як визначити коловий ділильний крок зачеплення?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 15

### Лабораторна робота № 3

Тема: Вивчення конструкції конічного зубчастого редуктора.

Мета роботи – ознайомитись з конструкцією конічного зубчастого редуктора; з'ясувати призначення основних деталей, а також порядок складання, розбирання та регулювання вузлів; виміряти та розрахунковим шляхом визначити геометричні, кінематичні та силові параметри; скласти кінематичну схему, записати технічну характеристику та сформулювати технічні вимоги.

#### Устаткування, прилади та інструменти

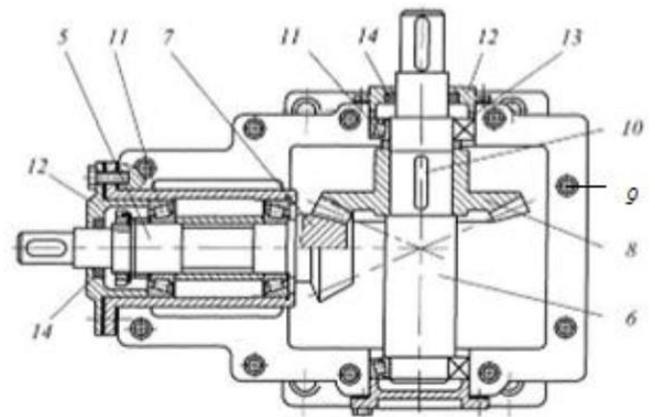
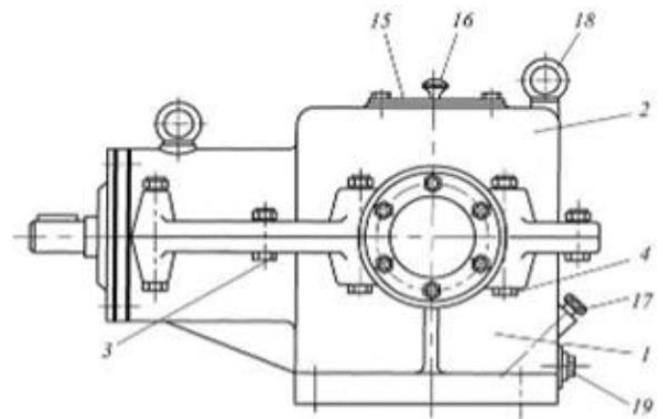
Редуктор конічний одноступінчастий, натурні зразки зубчастих коліс і їх моделі, штангенциркуль, лінійка, зразки графічних конструкторських документів: складальних креслеників редуктора; робочих креслеників зубчастих коліс, валів, інших деталей; зразки текстових конструкторських документів: пояснювальної записки, специфікацій тощо.

#### Конструкція редуктора

Редуктор (рис. 1.1) має розбірну конструкцію і складається з корпусу 1 і кришки корпусу 2, з'єднаними між собою стяжними болтами 3 і 4. Всередині корпусу розташовані ведучий вал - шестерня 7 і зубчасте колесо 8, насаджене на ведений вал 6 і зафіксоване на ньому шпонкою 10. Вали спираються на конічні радіально-упорні підшипники 11, що встановлені за схемою у розпір і закриті кришками підшипників. В наскрізних кришках підшипників встановлені гумові манжетні ущільнення 14. Для огляду зачеплення і заливання мастила в кришці корпусу передбачений оглядовий отвір, закритий кришкою 15, в якій для редукторів, що мають значне тепловиділення, закріплений душник 16. Рівень мастила в редукторі контролюється мастилопоказчиком 17. Для піднімання редуктора передбачені рим – болти 18. В нижній частині корпусу зроблений мастилозливний отвір, закритий пробкою 19.

Змащення зачеплення виконується зануренням колеса в мастильну ванну.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 16



а

б

Рис. 3.8. Конічний зубчастий редуктор: а – загальний вид; б – конструктивна схема, де 1 – корпус; 2 – кришка корпусу; 3 – стяжний болт; 4 – стяжний болт; 5 – ведучий вал; 6 – ведений вал; 7 – шестерня; 8 – зубчасте колесо; 9 – болт; 10 – шпонка; 11 – підшипник; 12 – кришка наскрізна; 13 – кільце; 14 – ущільнення; 15 – оглядовий люк; 16 – душник; 17 – мастилопоказчик; 18 – рим – болт; 19 – пробка

Під час збирання редуктора потрібно виконати регулювання трьох позицій:

- радіального зазору в підшипниках ведучого валу;
- осьового положення веденого валу;
- радіального зазору в зубчастому зачепленні.

Регулювання радіального зазору у підшипниках ведучого валу 5 виконується набором тонких мірних металевих прокладок, що встановлюються між фланцями наскрізної кришки 12 і стакана.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 17

Для регулювання осьового положення веденого валу 6 підбирають мірні металеві прокладки, які встановлені між корпусом і підшипниковими кришками. Перестановкою частини прокладок з однієї сторони до іншої виконують переміщення валу в осьовому напрямку, добиваються потрібного співпадіння вершин ділільних конусів шестерні і колеса після складання редуктора.

Регулювання радіального зазору в зачепленні також виконують металічними регулювальними прокладками, що встановлюють між корпусом редуктора і фланцем стакану, що дозволяє переміщати вал в осьовому напрямку.

Правильність складання редуктора перевіряється поворотом ведучого і веденого валів. У правильно зібраного редуктора вали повинні легко провертатися рукою без відчутних осьових і радіальних люфтів.

#### Порядок виконання роботи

1. Провести зовнішній огляд редуктора. Зняти кришку. Вивчити будову редуктора і ознайомитись з конструкцією його основних деталей.
2. Накреслити кінематичну схему редуктора. За конструктивною схемою скласти специфікацію його основних деталей.
3. Заміряти габаритні, установочні і приєднувальні розміри редуктора, геометричні розміри зубчастих коліс і валів редуктора. Результати вимірювань занести у відповідні таблиці звіту з лабораторної роботи.
4. Обчислити основні параметри зубчастих коліс, валів, корпусних деталей. Результати обчислень занести у звіт з роботи.
5. Визначити тип встановлених на валах редуктора підшипників, ознайомитись з їхньою конструкцією, схемами установки, регулювання й змащення. З використанням довідників виписати їх основні розміри.
6. Ознайомитись з деталями, що обслуговують систему змащення редуктора (маслопоказчик, душник тощо). Визначити тип ущільнень валів і кришок редуктора.
7. Вивчити конструкцію корпусу й кришки редуктора, визначити розміри їх елементів. За даними вимірювань скласти компонувальну схему редуктора і

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 18

схему навантаження проміжного валу.

#### 8. Оформити звіт з роботи.

##### Зміст звіту з лабораторної роботи

Звіти з лабораторної роботи повинні бути відображені наступні розділи:

1. Назва лабораторної роботи та її мета.
2. Кінематична і конструктивна схеми редуктора.
3. Таблиці результатів вимірювань і розрахунків основних параметрів редуктора.
4. Специфікація деталей редуктора.
5. Схема навантаження проміжного валу редуктора.
6. Технічна характеристика та технічні вимоги до редуктора
7. Аналіз отриманих результатів роботи і висновки.

##### Контрольні запитання

1. В яких випадках застосовують конічні зубчасті передачі?
2. Які існують конічні зубчасті колеса за формою зубців?
3. Які осьові форми зуба застосовують для ортогональних конічних передач?
4. Якими перевагами володіють конічні колеса з круговими зубами в порівнянні з прямозубими?
5. У яких розрахунках використовують значення характеристик у середньому торцевому перерізі конічного зачеплення?
6. У яких розрахунках використовують значення характеристик у зовнішньому торцевому перерізі конічного зачеплення?
7. За яким параметрам конічної зубчастої передачі можна отримати оцінку передаточного числа?
8. За якими схемами встановлюють підшипники в конічних редукторах?
9. Які регулювання виконують в конічному зубчастому редукторі?
10. Яким чином регулюють зачеплення в конічних редукторах?
11. Як перевірити якість регулювання конічного зубчастого зачеплення?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 79 / 19</i>

12. Яке призначення має оглядовий люк, мастиловідбійні кільця?
13. Навіщо в редукторі встановлений душник?
14. З якою метою у фланцях редуктора встановлені штифти?
15. Яку конструкцію мають ущільнювальні пристрої?
16. Які деталі встановлюють для запобігання витіканню мастильного матеріалу через наскрізні кришки?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 20

## Лабораторна робота № 4

Тема: Вивчення конструкції редуктора моста головної передачі.

Мости автомобіля виконують функції осей, на які встановлюються колеса. Залежно від схеми трансмісії мости можуть бути ведучими; веденими; керованими; підтримувальними. На автомобілях найчастіше встановлюють два, або три мости. Якщо автомобіль має два мости, то за ведучий, як звичайно, править задній міст, рідше передній. У двовісних автомобілів підвищеної прохідності ведучі обидва мости. Якщо на автомобілі три мости, ведучими є два задніх мости або всі три. Найпростішу конструкцію має задній ведучий міст автомобілів із колісною формулою 4x2.

**Ведучий міст**, як правило, об'єднує в одному агрегаті такі механізми

- головну передачу;
- диференціал;
- півосі.

Зазначені механізми конструктивно розміщуються в спільному картері ведучого моста й призначені для передавання крутного моменту на колеса. Механізми моста збільшують передаваний момент і розподіляють його на колеса відповідно до умов контакту кожного колеса з дорогою. Під час передавання крутного моменту картер моста навантажується реактивним моментом, який намагається повернути його проти напрямку обертання коліс. Від такого повороту міст утримується підвіскою або її напрямними елементами. Підвіска передає на картер моста також вертикальні, горизонтальні й бокові зусилля, що виникають під час руху автомобіля.

Механізми переднього ведучого моста відрізняються від механізми заднього ведучого моста складнішим приводом до коліс. На вантажних автомобілях півосі до кожного колеса роблять розрізними й з'єднують одним карданним шарніром однакових кутових швидкостей. На передньоприводних легкових автомобілях піввісь з'єднується з колесом і диференціалом двома кульковими шарнірами однакових кутових швидкостей. На автомобілях

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 21

підвищеної прохідності для збільшення тягового зусилля в приводі до ведучого й керованого коліс іноді роблять колісну передачу планетарного типу. Головну передачу й диференціал у передньому й задньому ведучих мостах виконують однаковими.

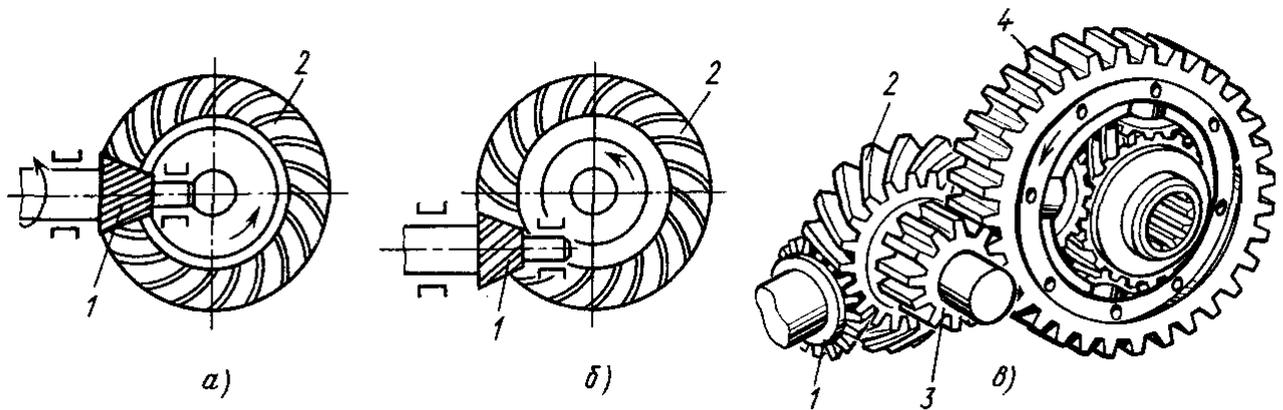
*Головна передача* слугує для збільшення крутного моменту та зміни його напрямку під прямим кутом до поздовжньої осі автомобіля й виконується з конічних шестерень. Залежно від кількості шестерень головні передачі поділяють на:

- одинарні конічні, що складаються з однієї пари шестерень і, в свою чергу, поділяються на прості й гіпоїдні;
- подвійні, які складаються з пари конічних і пари циліндричних шестерень.

*Одинарні конічні прості передачі* (рис. 4.1, а) застосовують переважно на легкових автомобілях і вантажних автомобілях малої й середньої вантажопідйомності. В цих передачах ведучу конічну шестірню 1 з'єднано з карданною передачею, а ведену 2 — з коробкою диференціала й через механізм диференціала з півосями.

У більшості автомобілів одинарні конічні передачі мають зубчасті колеса з гіпоїдним зачепленням (рис. 4.1, б). *Гіпоїдні передачі* порівняно з простими мають низку переваг: у них є вісь ведучого колеса, розташована нижче від осі веденого, що дає змогу опустити нижче карданну передачу, а отже, знизити підлогу кузова легкового автомобіля. Внаслідок цього опускається центр ваги й підвищується стійкість автомобіля. Крім того, гіпоїдна передача має потовщену форму основи зубів шестерень, що істотно підвищує їхню навантажувальну здатність і стійкість проти спрацювання. Проте для мащення шестерень необхідно застосовувати спеціальну оливу (гіпоїдну), розраховану для роботи в умовах передавання великих зусиль, що виникають у місці контакту зубів шестерень.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 22



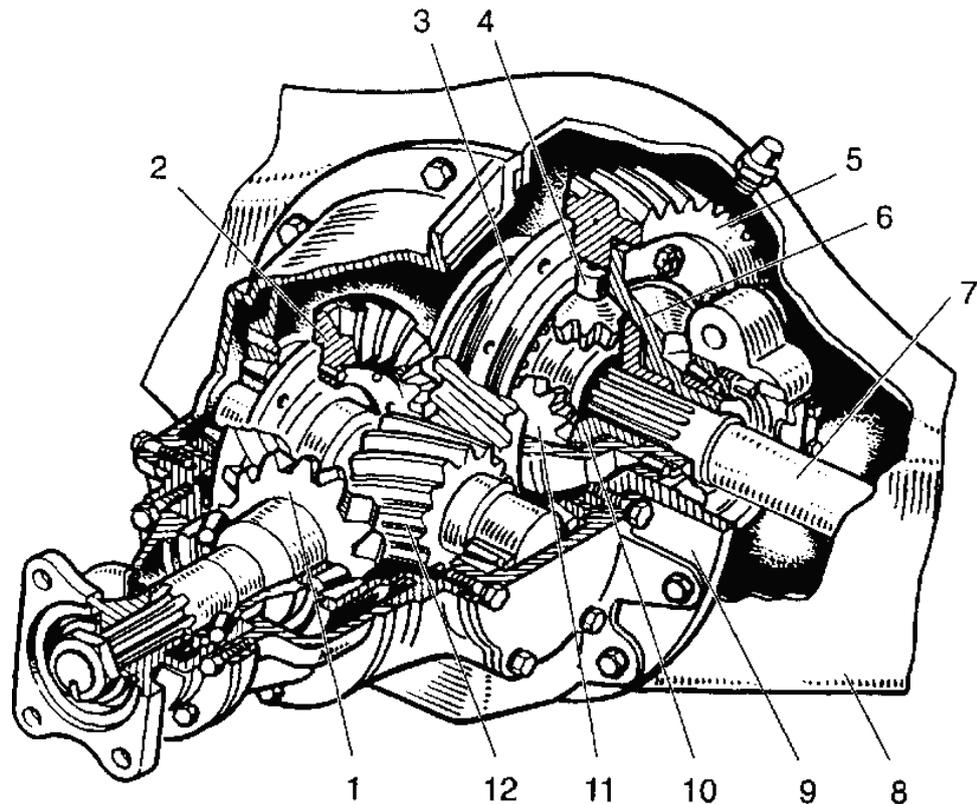
**Рис. 4.1 Головні передачі:**

а - конічна; б - гіпоїдна; в - подвійна; 1 і 2 – відповідно провідне і ведене конічні зубчасті колеса, 3 і 4 – відповідно провідне і ведене циліндричні зубчасті колеса

Подвійні головні передачі (рис. 4.1, в) установлюють на автомобілях великої вантажопідйомності для збільшення загального передаточного числа трансмісії й підвищення передаваного крутного моменту. В цьому разі передаточне число головної передачі обчислюють як добуток передаточних чисел конічної (1, 2) і циліндричної (3, 4) пар.

Подвійна головна передача автомобіля ЗИЛ-130 є частиною механізмів ведучого заднього моста (рис. 4.2), розміщених у його балці 8. Ведучий вал головної передачі виконано як одне ціле з ведучою конічною шестірнею 1. Його встановлено на конічних роликівих підшипниках у стакані, закріпленому на картері 9 головної передачі. Тут же в картері на роликівих конічних підшипниках встановлено проміжний вал із ведучою циліндричною шестірнею 12. На фланці вала жорстко закріплено ведену конічну шестірню 2, що перебуває в зачепленні з шестірнею 1. Ведену циліндричну шестірню 5 з'єднано з лівою 3 та правою 6 чашками диференціала, які утворюють його коробку. В коробці встановлено деталі диференціала: хрестовину 4 з сателітами 11 і півосьовими шестернями 10.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 23



**Рис. 4.2 Механізми ведучого заднього моста:**

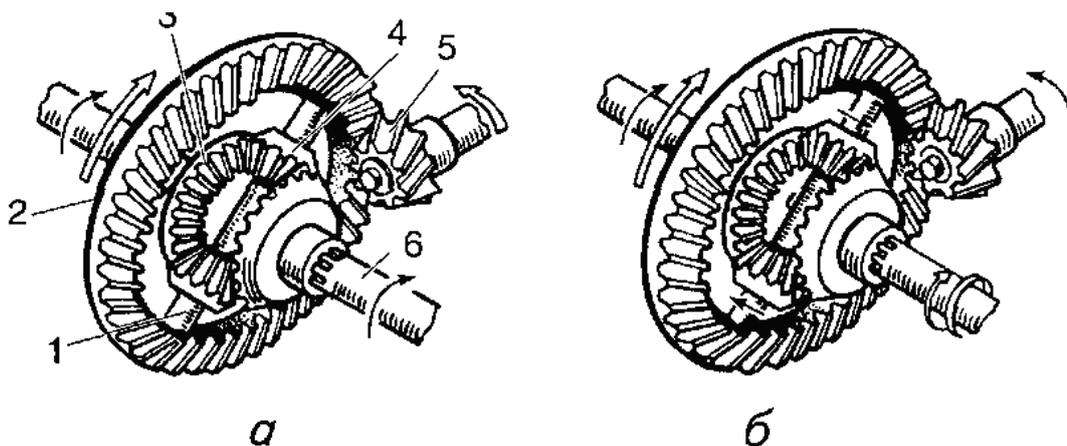
1, 2 — відповідно ведуча й ведена конічні шестерні; 3, 6 — відповідно ліва та права чашки диференціала; 4~ хрестовина; 5, 12— відповідно ведена й ведуча циліндричні шестерні; 7— піввісь; 8 — балка; 9— картер; 10 — півосьові шестерні; 11 — сателіти

Під час роботи головної передачі крутний момент передається від карданної передачі на фланець ведучого вала та його шестірню 1, далі на ведену конічну шестірню 2, проміжний вал і його шестірню 12, ведену циліндричну шестірню 5 і через деталі диференціала на півосі 7, зв'язані з маточинами коліс автомобіля.

Диференціал призначається для передавання крутного моменту від головної передачі до півосей і дає їм змогу обертатися з різною швидкістю під час повороту автомобіля й на нерівностях дороги.

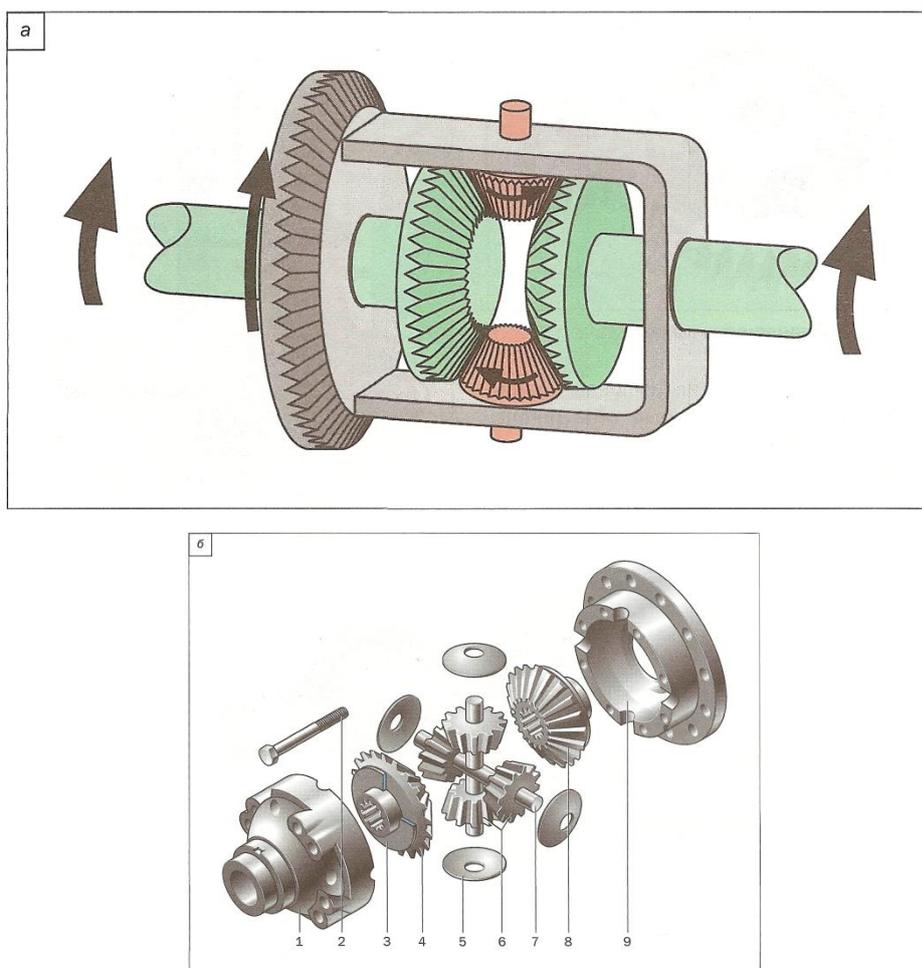
На автомобілях застосовують шестеренчасті конічні диференціали (рис. 4.3, а), які складаються з півосьових шестерень 3, сателітів 4 та корпусу, що об'єднує їх і кріпиться до веденої шестірні головної передачі.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 24



**Рис. 4.3 Будова та принцип дії диференціала:**

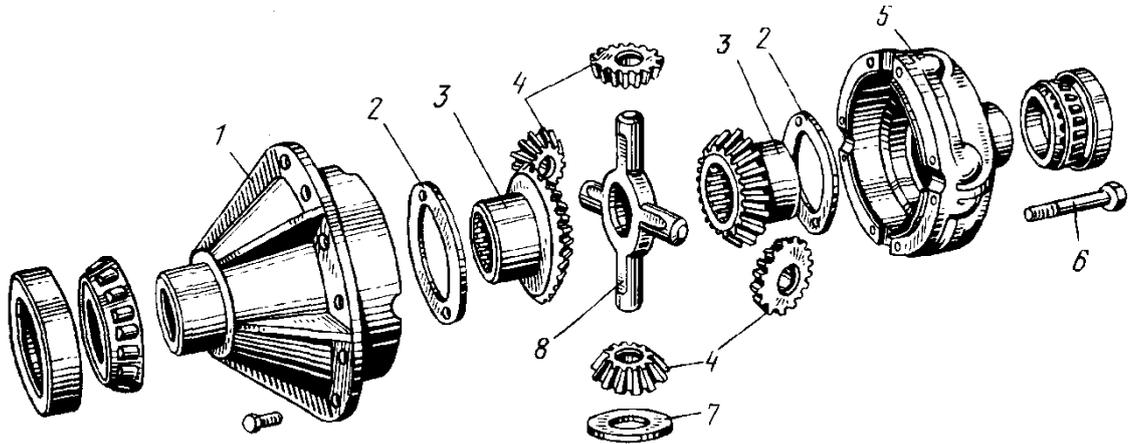
*а* — рух автомобіля по прямій; *б* — поворот автомобіля; 1 — вісь сателітів; 2, 5 — відповідно ведена й ведуча шестерні; 3 — лівосьові шестерні; 4 — сателіти; *б* — півосі



**Рис. 4.4. Схема роботи (а) і деталі (б) конічного симетричного диференціалу:**

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /OK20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 25

1 – коробка сателітів диференціала права; 2 – болт коробки сателітів, 3 – опорна шайба шестерні; 4, 8 -напівосьові шестерні; 5 – опорна шайба сателіта; 6 - сателіти; 7 – вісь сателітів; 9 – ліва коробка сателітів диференціала



**Рис. 4.5. Деталі симетричного диференціала:**

1 і 5 – чашки диференціала; 2 і 7-шайби, 3 - напівосьові зубчасті колеса; 4 - сателіти; 6 - болт кріплення чашок диференціала; 8 - хрестовина

Диференціали такого типу використовують як міжколісні (між колесами ведучих мостів). Вони різняться конструкцією корпусу й кількістю сателітів. Конічні диференціали використовують також і як міжосьові. В цьому разі вони розподіляють крутний момент між головними передачами ведучих мостів.

На рис. 4.5 для спрощення показано корпус диференціала, тому для розгляду принципу дії вважатимемо, що вісь 7 сателітів установлено в корпусі. Під час обертання ведучої шестірні 5 і веденої шестірні 2 головної передачі крутний момент передається на вісь 1 сателітів, далі через сателіти 4 на півосьові шестерні 3 й на півосі 6.

Під час руху автомобіля по прямій і рівній дорозі (рис. 4.5, а) задні колеса зустрічають однаковий опір і обертаються з однаковою частотою. Сателіти навколо своєї осі не обертаються, й на обидва колеса передаються однакові крутні моменти. Як тільки умови руху змінюються, наприклад на повороті (рис.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 26

4.5, б), ліва піввісь починає обертатися повільніше, оскільки колесо, з яким вона зв'язана, зустрічає великий опір. Сателіти починають обертатися навколо своєї осі, обкочуючись по півосьовій шестірні (лівій), що сповільнюється, й збільшуючи частоту обертання правої півосі. В результаті праве колесо прискорює своє обертання й проходить більший шлях по дузі зовнішнього радіуса.

Водночас зі зміною швидкостей півосьових шестерень змінюється крутний момент на колесах — на колесі, яке прискорюється, момент зменшується. Оскільки диференціал розподіляє моменти на колеса порівну, то в цьому разі на колесі, що сповільнюється, також зменшується момент. У результаті сумарний момент на колесах зменшується й тягові властивості автомобіля погіршуються. Це негативно впливає на прохідність автомобіля під час руху по бездоріжжю й на слизьких дорогах. Проте на дорогах із добрим зчепленням шестеренчастий конічний диференціал забезпечує кращі стійкість і керованість.

Для підвищення прохідності автомобіля під час руху по бездоріжжю застосовують диференціали з примусовим блокуванням або самоблоківні.

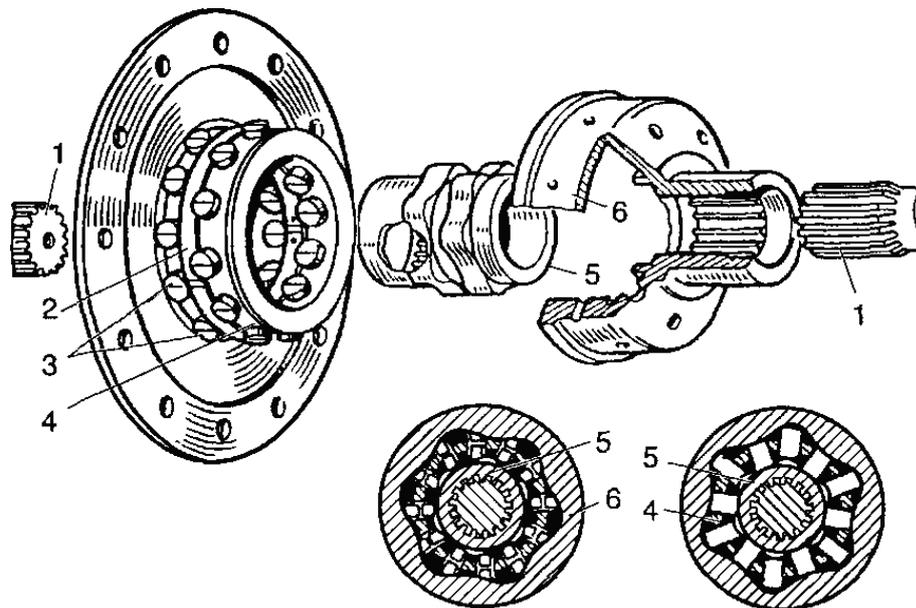
Примусове блокування полягає в тому, що ведучий елемент (корпус) диференціала в момент умикання блокування жорстко з'єднується з півосьовою шестірнею. Для цього передбачено спеціальний дистанційний пристрій із зубчастою муфтою.

Самоблоківний диференціал підвищеного тертя (кулачковий), що застосовується на автомобілі ГАЗ-66, складається з внутрішньої 5 і зовнішньої 6 зірочок, між кулачками яких закладено сухарі 3 сепаратора 2, 4. Сепаратор виконано як одне ціле з лівою чашкою диференціала й з'єднано з веденою шестірнею головної передачі. Права чашка (на рисунку не показано) вільно охоплює зовнішню зірочку й разом із лівою чашкою утворює корпус диференціала. Зірочки диференціала своїми внутрішніми шліцами з'єднуються з півосями 1.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 27

Під час обертання веденої шестірні головної передачі й руху автомобіля по прямій сухарі з однаковою силою тиснуть на кулачки обох зірочок і змушують їх обертатися з однаковою швидкістю.

Якщо одне з коліс потрапляє на поверхню дороги з великим опором рухові, то зв'язана з ним зірочка починає обертатися з меншою частотою, ніж сепаратор. Сухарі, перебуваючи в сепараторі, з більшою силою тиснуть на кулачки зірочки, що сповільнюється, й прискорюють її обертання.



**Рис. 4.6 Самоблоківний диференціал:**

1 — півосі; 2, 4 — сепаратор; 3 — сухарі; 5, 6 — відповідно внутрішня й зовнішня

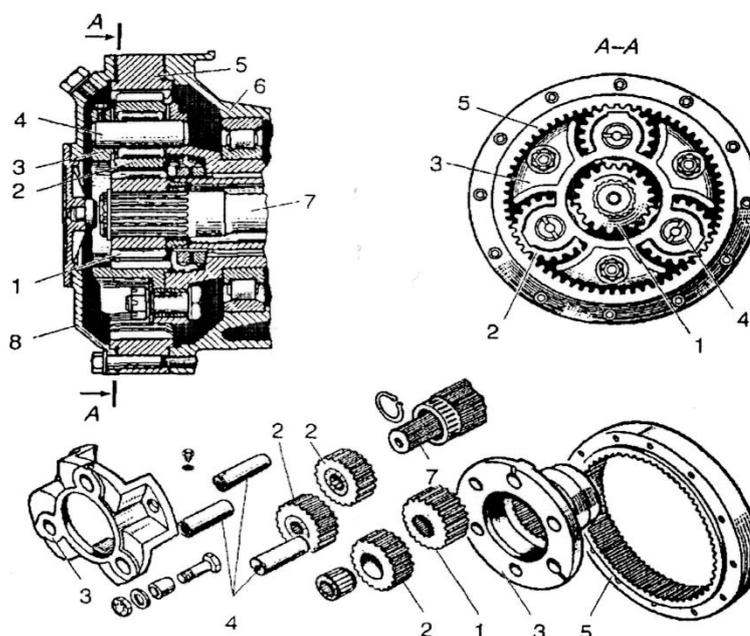
Отже, в місцях контакту сухарів із кулачками зірочок виникає підвищене тертя, що перешкоджає істотній зміні відносних швидкостей обох зірочок, і колеса обертаються з приблизно однаковими кутовими швидкостями. Через сили тертя сухарів по кулачках перерозподіляються моменти. На зірочці, що прискорюється, сили тертя спрямовані проти напрямку обертання, на зірочці, що відстає, в напрямі обертання. Крутний момент на зірочці, що відстає, зростає, а на тій, що прискорюється, зменшується на момент сил тертя, й у результаті пробуксовування коліс не відбувається.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 28

Колісні передачі застосовують на деяких великовантажних автомобілях для зниження навантаження в карданній передачі та механізмах ведучого моста. До таких передач належать прості шестеренчасті циліндричні передачі з внутрішніми зачепленнями або планетарні.

За ведучу ланку планетарної колісної передачі (рис. 4.3) править сонячна шестірня 1, що встановлена на шліцах півосі 7 і перебуває в зачепленні з трьома шестернями-сателітами 2. Осі 4 сателітів закріплено нерухомо у водилі 3, яке становить опору для підшипників маточини колеса й жорстко закріплено на балці моста. Сателіти зачеплені з корінною шестірнею 5, яку скріплено болтами з маточиною колеса 6. Із зовні колісну передачу закрито кришкою 8, яка разом із корінною шестірнею й маточиною колеса утворює обертовий картер, куди заливають оливу для мащення зубчастих зачеплень і підшипників.

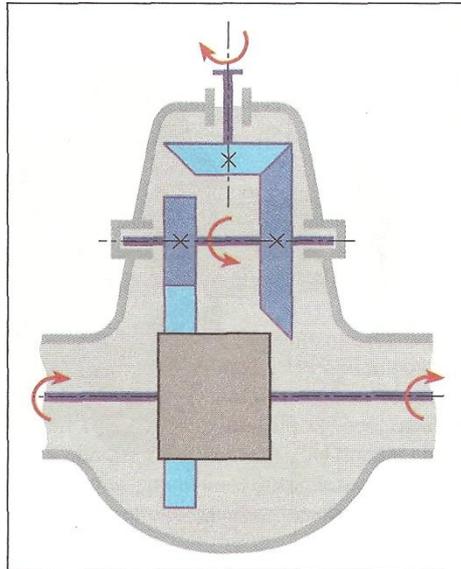
Передаточне число планетарної передачі визначається відношенням кількості зубів корінної шестірні до кількості зубів сонячної і становить 1,4...1,5. Навантажувальна здатність і стійкість проти спрацювання планетарної передачі дуже високі, оскільки крутний момент у ній передається від сонячної шестірні до корінної трьом; потоками через сателіти й підсумовується на маточині колеса.



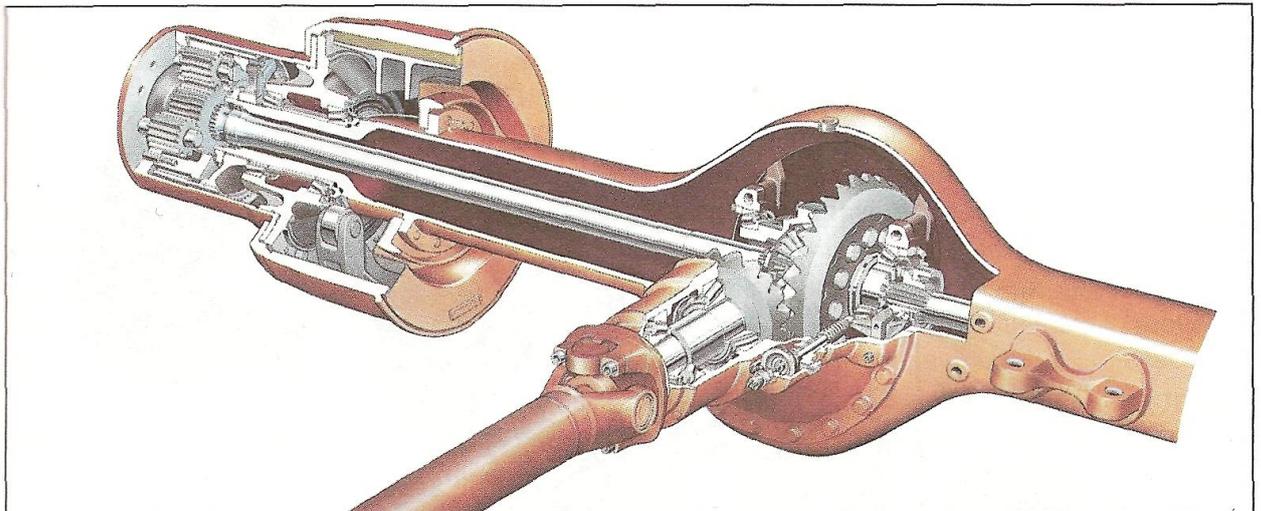
**Рис. 4.7 Планетарна колісна передача:**

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 29

1 - сонячна шестірня; 2 - шестерні-сателіти; 3 - водило. 4 - осі сателітів 5-корінна шестірня; 6 - маточина колеси; 7- піввісь; 8- кришка



**Рис. 4.8. Подвійна головна передача**



**Рис. 4.9. Ведучий міст вантажного автомобіля з рознесеною головною передачею і колісними планетарними редукторами**

**Контрольні питання:**

1. Призначення головної передачі.
2. Будова та принцип роботи головної передачі.
3. Будова головної передачі ЗІЛ-130.
4. Диференціал: його призначення та будова.
5. Самоблоківний диференціал: його призначення та будова.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 30

## Лабораторна робота № 5

Тема: Дослідження моменту тертя в підшипниках кочення.

Мета роботи – вивчити конструкції основних типів підшипників кочення, ознайомитись з системою їх умовних позначень, експериментально дослідити залежність моменту тертя і зведеного коефіцієнту тертя від навантаження, частоти обертання і умов змащення.

Устаткування, прилади та інструменти Лабораторна установка ДМ-28М, комплект змінних випробувальних головок з підшипниками кочення, індикатор годинникового типу, штангенциркуль, вороток.

Будова установки Момент тертя  $T_{тр}$  визначають на лабораторній установці ДМ-28М методом маятника. Конструкція установки показана на рисунку 5.5.

У корпусі установки розташований привод, який складається з електродвигуна і клинопасової передачі, а також двохконсольний вал 2, встановлений на двох шарикопідшипникових опорах. Змінну випробувальну підшипникову головку 1 встановлюють на консолі валу 4. На втулці змінної головки встановлено чотири підшипники. Зовнішні кільця двох середніх підшипників 9 розміщені в загальній обоймі, а зовнішні кільця двох крайніх підшипників 3 і 11 - у корпусі головки, що охоплює обойму середніх підшипників із зазором.

Навантаження підшипників здійснюється гвинтом 6 навантажувального пристрою, корпус якого жорстко зв'язаний з корпусом головки 6. Зусилля гвинта через динамометричну скобу - 7 і кулькову опору передається на обойму середніх підшипників. Одночасно підшипники обойми притискаються до втулки, розташованої на валу, а підшипники корпусу навпаки віджимаються від неї.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 31

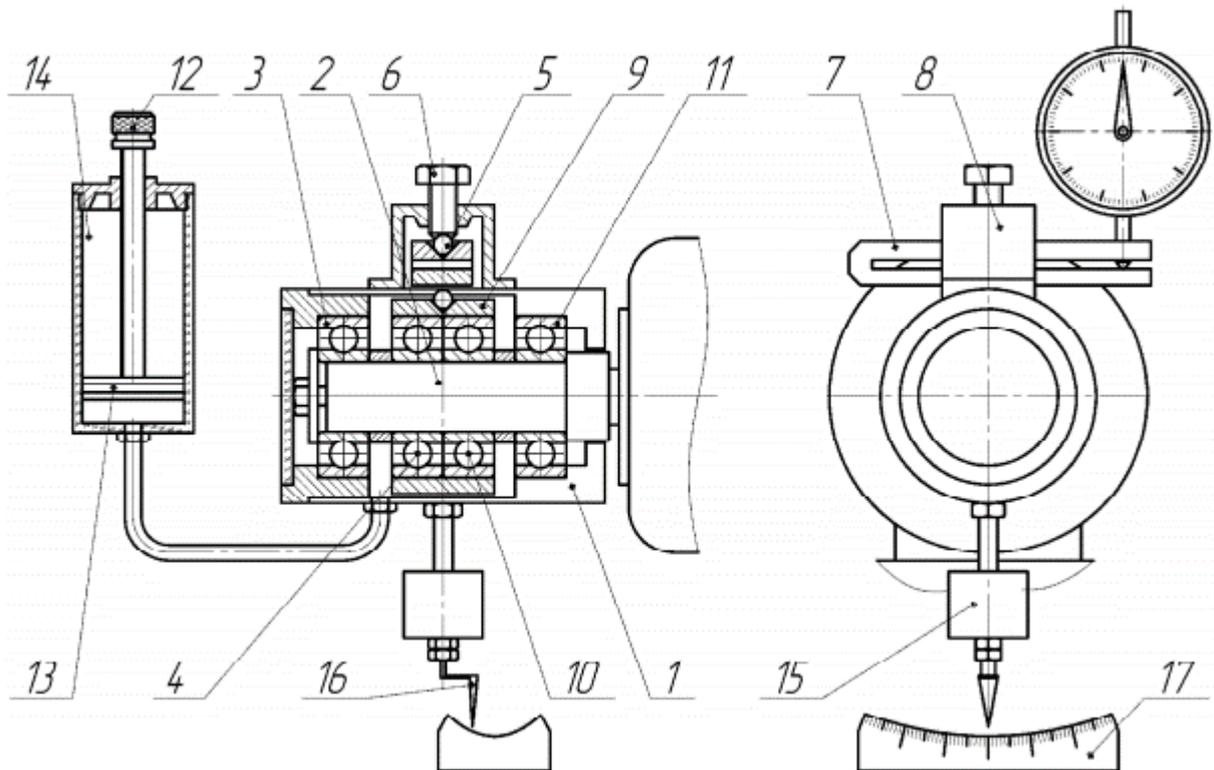


Рис. 8.5. Схема лабораторної установки ДМ-28М: 1 – касета з підшипниками; 2 – вал; 3 – підшипник; 4 – тіло кочення; 5 – індентор; 6 – гвинт; 7 – динамометрична скоба; 8 – корпус; 9 – підшипник; 10 – тіло кочення; 11 – підшипник; 12 – клапан; 13 – поршень; 14 – циліндр; 15 – маятник; 16 – стрілка; 17 – шкала

Вимірювання сили, що навантажує, виконується індикатором годинникового типу за деформацією динамометричної скоби 8 після відповідного тарування. Момент тертя вимірюється маятником 15, стрілка якого повертається відносно шкали 17, закріпленої на корпусі установки.

Мастильний пристрій складається із циліндра 14 з поршнем 13. Потрібний рівень масла в корпусі підшипників встановлюють переміщенням поршня. Для змащення підшипників застосовується мастило індустріальне з кінематичною в'язкістю 13-17 мм<sup>2</sup>/с при 40°С. Температуру підшипників вимірюють термометром.

#### Технічні характеристики установки

1. Тип електродвигуна - А02-11-1, потужність  $P = 0,6$  кВт, частота

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 32

обертання валу  $n = 1360$  об/хв;

2. Найбільша сила навантаження на підшипники - 12000 Н;
3. Частота обертання підшипників - 970, 1880 і 2760 об/хв;

У комплект установки входять чотири випробувальні головки, які дозволяють досліджувати наступні типи підшипників з внутрішнім діаметром  $d = 40$  мм:

1. Підшипники кулькові радіальні однорядні 208;
2. Підшипники кулькові радіальні однорядні 308;
3. Підшипники радіальні кулькові сферичні дворядні 1208;
4. Підшипники роликові конічні однорядні 7208.

#### Порядок виконання роботи

1. Вивчити конструкцію основних типів підшипників кочення, систему їхніх умовних позначень, ознайомитись з будовою лабораторної установки та її технічною характеристикою.

2. Для 3-4 типів підшипників, запропонованих викладачем, накреслити ескізи, заміряти і порівняти за довідником основні розміри та проставити їх на ескізах. Записати маркування підшипників і, користуючись даним посібником і довідковою літературою, розшифрувати умовні позначення.

3. Встановити на вал першу дослідну головку, збалансувати її, створити в ній мінімальний рівень змащення. Встановити задану частоту обертання валу. Ввімкнути установку і забезпечити її роботу впродовж 4-6 хвилин. Впевнитись у справності установки і почати вимірювання моменту тертя підшипників.

4. Зафіксувати початковий момент тертя під час роботи головки без навантаження підшипників. Виконати вимірювання моменту тертя під час ступінчатого підйому навантаження підшипників послідовно силами 3000, 6000, 9000, 12000 Н. На кожній ступені навантаження виконати не менше трьох вимірювань. Повторити дослідження для інших умов змащення підшипників, а саме при наступних рівнях мастила:

- до центру нижньої кульки;

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 33

- до нижньої частини внутрішнього кільця підшипника.

5. Повторити дослідження за п. 4 для інших частот обертання валу.

6. Замінити дослідну головку і повторити випробування підшипників іншого типу за п.п. 4 і 5.

7. Обчислити значення зведених коефіцієнтів тертя для різних умов роботи, побудувати графіки залежності моменту тертя і зведеного коефіцієнту тертя від навантаження для різних рівнів змащення і різних частот обертання валу.

8. Проаналізувати результати дослідження, зробити висновки, оформити звіт з роботи.

#### Зміст звіту з лабораторної роботи

У звіті по лабораторній роботі повинні бути відображені наступні питання:

1. Назва лабораторної роботи, її мета.
2. Ескіз 3-4 типів підшипників, їхні основні розміри, розшифрування позначень.
3. Схема лабораторної установки та її технічна характеристика.
4. Таблиця з результатами вимірювань і розрахунків.
5. Графіки залежності моменту тертя і зведеного коефіцієнта тертя від навантаження для різних рівнів змащення і різних частот обертання валу.
6. Аналіз отриманих результатів дослідження і висновки з роботи.

#### Контрольні запитання

1. Яке призначення мають підшипники кочення? В чому полягають їхні переваги в порівнянні з підшипниками ковзання?
2. Якими бувають підшипники кочення за напрямком дії навантаження, що сприймається? За формою тіл кочення?
3. Які типи підшипників кочення є найбільш поширені у конструкціях? За яких умов рекомендується їх використовувати?
4. Які відомості містить основне умовне позначення підшипника за

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 34

системою ДСТУ?

5. Які класи точності підшипників передбачені стандартом?
6. Визначте тип і внутрішній діаметр підшипників, що мають позначення: 308, 2306, 1209, 180207, 2304, 3208, 4306, 5103, 6205, 7306, 8205, 9106?
7. Як поділяються опори валів за здатністю фіксувати осьове положення валу?
8. У чому полягає різниця між схемами встановлення підшипників «у розпір» і «у розтяг»?
9. З якими факторами зв'язують втрати у підшипниках кочення?
10. Яку будову мають дослідні підшипникові головки?
11. Яка система навантаження підшипників використовується в лабораторній роботі?
12. Яким чином вимірюється момент тертя у підшипниках в лабораторній роботі?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 35

## Лабораторна робота № 6

Тема: Випробування муфт зчеплення.

Мета роботи: вивчити будову механізму зчеплення, приводу зчеплення, роботу одно - і дводискового фрикційного зчеплення, а також діафрагмового зчеплення; ознайомитися з методикою розрахунку основних параметрів зчеплення.

Обладнання: моделі зчеплення, плакати, підручники, деталі та складальні одиниці вузлів зчеплення автомобілів.

Загальні відомості.

Муфта зчеплення служить для передачі крутного моменту, швидкого роз'єднання і плавного з'єднання двигуна з трансмісією, необхідних для перемикавання передач і плавного рушення автомобіля з місця, а також для оберігання двигуна і деталей трансмісії від перевантажень. Муфти зчеплення можуть бути: з силовим замиканням за рахунок сил тертя (механічні фрикційні) або магнітного притягання (електромагнітні) і з динамічним замиканням під дією сил інерції (гідравлічні) або індукційної взаємодії електромагнітних полів (електричні). Муфта зчеплення має три основні частини: ведучу, ведену і механізм керування. На рис. 6.1 показані схеми одно- і дводискової муфт зчеплення.

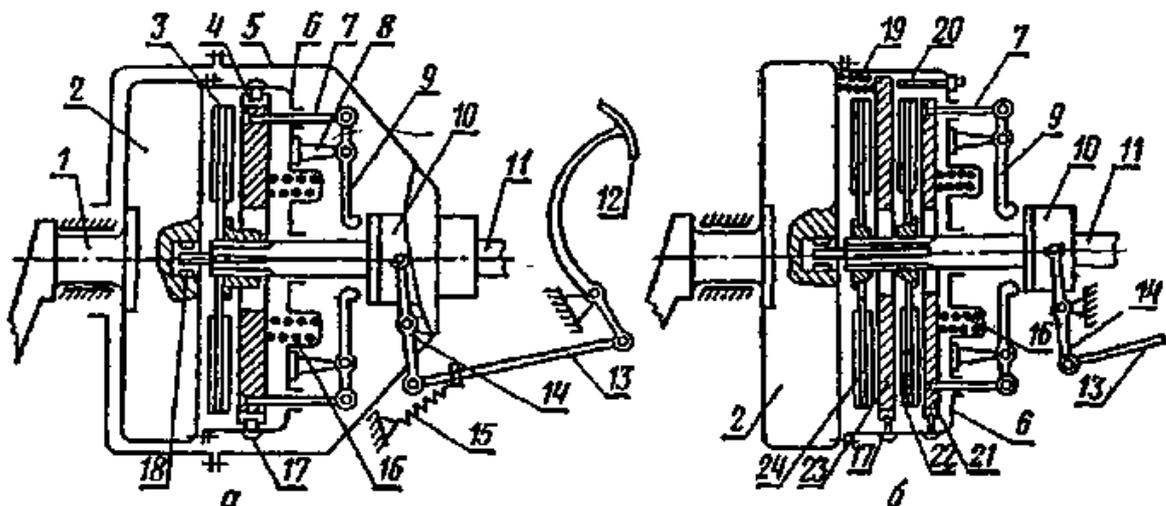


Рисунок 9.1– Схеми постійно замкнутих зчеплень: а) однодискове; б) дводискове

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 36

Ведуча частина - маховик 2 двигуна, кожух 6 і натискний диск 4; ведена – диск 3 з фрикційними накладками і вал 11, з'єднані між собою шліцевою маточиною.

Дводискове постійно замкнуте зчеплення з пружним натискним механізмом (рис.6.1, б) об'єднує два ведених диска 24 і 22 і два ведучих - проміжний 23.

На рисунку 6.2 наведено схему зчеплення з гідравлічним приводом, при якому вимкнення зчеплення здійснюється за допомогою підвісної педалі головного циліндра, трубопроводу і робочого циліндра.

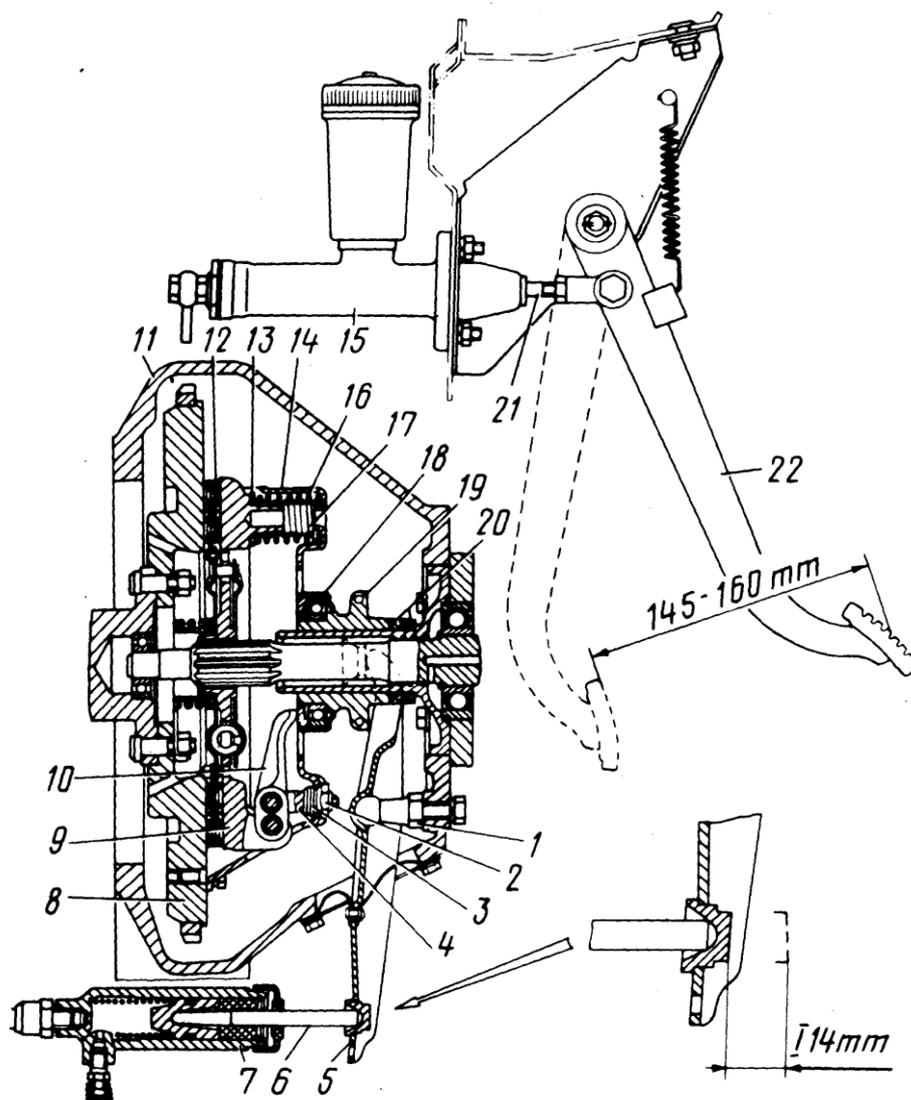


Рисунок 9.2 – Зчеплення і привід вимкнення зчеплення

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 37

1 - кульова опора; 2 - регулююча гайка; 3 - пружина; 4 - опорна вилка; 5 - вилка вимикання зчеплення; 6 - штовхач; 7 - робочий циліндр; 8 - маховик; 9 - натискний диск; 10 - важіль вимикання зчеплення; 11 - картер; 12 - ведений диск; 13 - термоізолююча шайба; 14 - кожух; 15 - головний циліндр; 16 і 17 - пружини; 18 - підшипник вимикання зчеплення; 19 - муфта вимикання зчеплення; 20 - захисні поролонові кільця; 21 - штовхач; 22 – педаль

При натисканні на педаль штовхач пересуває поршень головного циліндра вимикання зчеплення, кромка манжети якого перекриває отвір. При подальшому переміщенні поршня рідина витісняється з головного циліндра, тиск усередині системи збільшується, і під його впливом відбувається переміщення поршня і штовхача робочого циліндра, поворот на кульовій опорі вилки вимикання зчеплення і далі – переміщення муфти 10 (рисунок 6.2) вимикання зчеплення.

При проектуванні зчеплення вибирають і обґрунтовують конструкцію зчеплення, після чого креслять його кінематичну схему (рисунок 6.3).

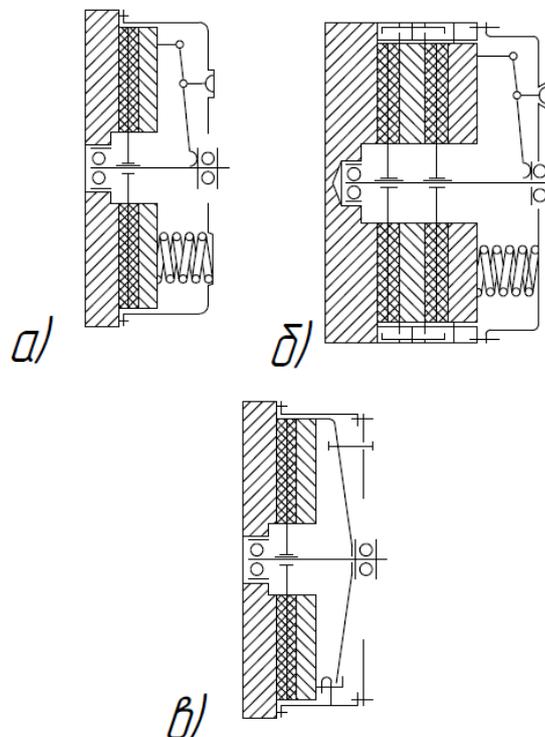


Рисунок 6.3 – Кінематичні схеми фрикційних зчеплень

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 38

а,б – багатопружинні з периферійним розміщенням пружин (а – однодискове, б – дводискове); в – однопружинне з діафрагмовою пружиною

Здатність зчеплення передавати максимальний крутний момент двигуна характеризується коефіцієнтом запасу:

$$\beta = \frac{M_t}{M_{kmax}} \quad (6.1)$$

де  $M_t$  - момент тертя муфти зчеплення

$M_{kmax}$  - максимальний крутний момент двигуна.

Коефіцієнт запасу вибирають в межах 1,5...4 залежно від типу і призначення автомобіля.

Визначають середній радіус тертя  $R_{cp}$ , м:

$$R_{cp} = \sqrt[3]{\frac{\beta \cdot M_{kmax}}{2 \cdot \pi \cdot p_0 \cdot \mu \cdot z \cdot k}} \quad (6.2)$$

де  $\beta = 1,75...2,5$  – коефіцієнт запасу зчеплення;

$M_{kmax}$  – максимальне значення крутого моменту двигуна Н·м;

$p_0 = 0,15...0,30$  МПа – допустимий тиск на фрикційну накладку;

$\mu = 0,25...0,35$  – коефіцієнт тертя фрикційних поверхонь;

$z$  – кількість поверхонь тертя (в однодискових зчеплень  $z = 2$ , у дводискових –  $z = 4$ );

$K = b/R_{cp} = 0,375...0,630$  – коефіцієнт ширини фрикційної накладки.

Знаходять зовнішній діаметр фрикційної накладки за формулою:

$$D = 2R_{cp} - b \quad (6.3)$$

Знайдену величину  $D$  округляють.

Якщо обчислене значення не збігається ні з одним із наведених стандартів, то вибирають найближче більше і вважають його дійсним значенням діаметра накладки  $D_d$ . За стандартом визначають і внутрішній діаметр  $d$ .

Дійсне значення середнього радіуса тертя визначають за формулою:

$$R_{cp} = \frac{D_d + d}{4} \quad (6.4)$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 39

При розрахунку пружної діафрагми спочатку креслять її розрахункову схему (рисунок 6.4).

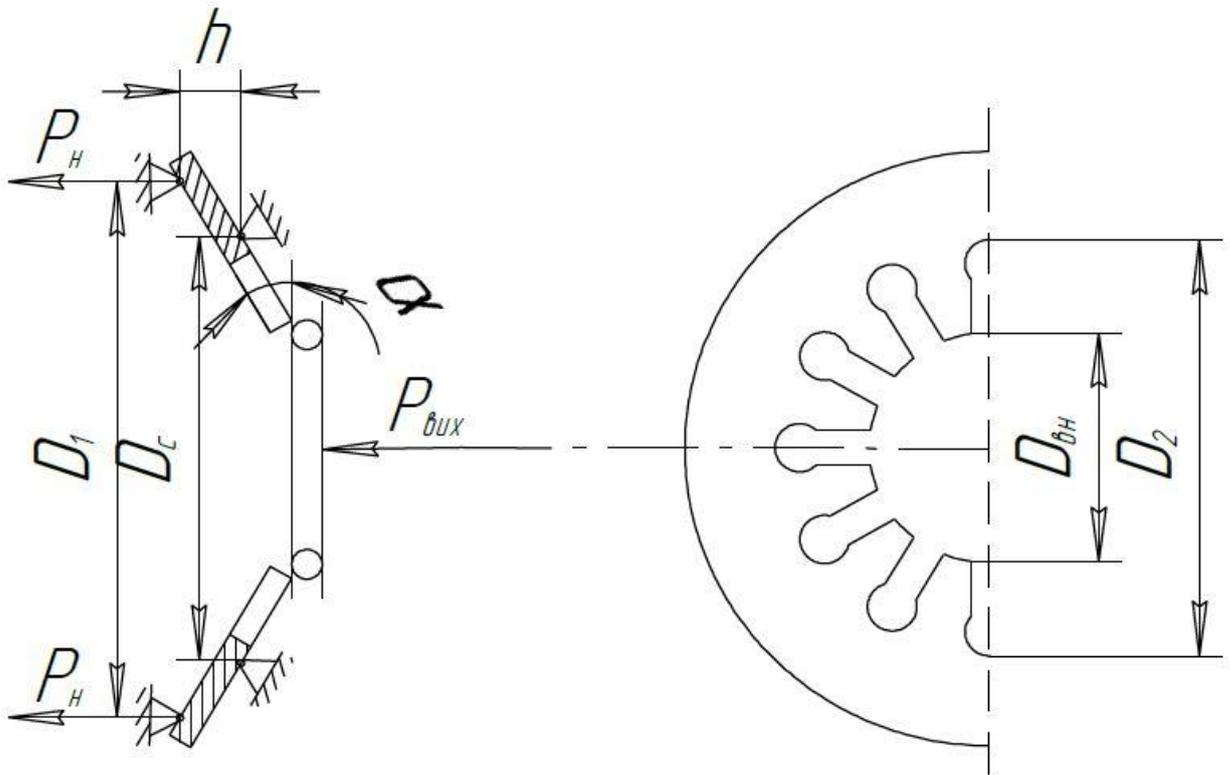


Рисунок 6.4 – Розрахункова схема пружної діафрагми

Потім приймають  $D_1/D_2 = 1,2...1,5$ ;  $D_1/D_{\text{вн}} = 2,5...3,5$ ;  $D_1/\delta = 75...100$ .  
Значення  $D_1$  можна брати рівним зовнішньому діаметрові фрикційної накладки.

Сила  $P_{\text{вик}}$ , що прикладається до діафрагми при вимиканні зчеплення, визначається з виразу:

$$P_{\text{вик}} = P_{\text{вик}} \frac{D_1 - D_c}{D_c - D_{\text{вн}}} \quad (6.5)$$

Відношення  $h/\delta$  характеризує нелінійність характеристики пружності пружини (приймають  $h/\delta = 1,6... 2,8$ ). Перевіряючи діафрагмову пружину на міцність, обчислюють напруження в середині основи пелюстків розрізаної частини пружини при найбільшій деформації (до плоского стану), МПа:

$$\sigma = \frac{2 \cdot P_{\text{вик}} \cdot D_2}{\delta^2 (D_{\text{вн}} + D_2)} + \frac{0.5E(0.5[D - D_2]\alpha^2 + \delta_\alpha)}{(1 - \mu_n^2)D_2} \quad (6.6)$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 40

$$D = \frac{D_1 - D_2}{\log \frac{D_1}{D_2}} \quad \alpha = \frac{2 \cdot h}{D_1 - D_2} \quad (6.7)$$

де:  $\mu_n = 0,26$ ;  $E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ .

Знайдені значення  $\sigma$  мають бути  $\sigma \leq 1400 \text{ МПа}$ .

Порядок виконання роботи.

1. За плакатами, моделями і натурними зразками вивчити будову і принцип роботи одно-, дводискового і діафрагмового зчеплення.

2. Замалювати конструктивну схему зчеплення у журнал і описати принцип роботи.

3. Визначити геометричні параметри диска зчеплення (дані занести в табл. 1).

4. Користуючись даними вимірів обчислити розрахунковий момент тертя фрикційної муфти зчеплення.

5. Користуючись табл. 2 визначити до якої машини належить диск зчеплення.

Таблиця 6.1 – Розрахункові параметри

Диск зчеплення	R1, см	R2, см	b=R1-R2, см	$\mu$	q, кгс/см	M <sub>кmax</sub> , Н·м	M <sub>рm</sub> , Н·м
№1				0,3	2...3		
№2							

Розрахунковий момент тертя муфти:

$$M_{pm} = \mu \cdot q \cdot 2\pi \cdot R_0^2 \cdot b \cdot i_{TM}$$

Середній радіус тертя

$$R_0 = 0.5(R_1 + R_2)$$

Число пар поверхонь тертя

$$i_{TM} = m + n - 1$$

де m - число ведучих дисків;

n - число ведених дисків

Ширина поверхонь тертя

$$b = R_1 - R_2$$

Таблиця 6.2– Розрахункові параметри

№ п/п	Марка автомобіля	Ne, кВт	Nд хв	$\omega$ , 1/с	$M_{kmax}$ , Н·м	Коеф. запасу $\beta$	$M_{pm}N$ , м
1	ГАЗ 53А	84,6	3200			1.8...2.5	
2	ЗІЛ-130	51,5	4000			1.3...2	
3	Москвич 412	55	5800			1.8...2.5	

Розрахунковий момент тертя муфти:

$$M_{pm} = \mu \cdot q \cdot 2\pi \cdot R_0^2 \cdot b \cdot i_{TM}$$

Середній радіус тертя

$$R_0 = 0.5(R_1 + R_2)$$

Число пар поверхонь тертя

$$i_{TM} = m + n - 1$$

де m - число ведучих дисків;

n - число ведених дисків

Ширина поверхонь тертя

$$b = R_1 - R_2$$

Питання для самоперевірки

1. Призначення зчеплення в трансмісії автомобіля та поставлені до нього вимоги.
2. Призначення та принцип дії гасителів крутильних коливань.
3. Конструктивні варіанти натискових пружин та межі їх використання.
4. Типи приводу вимикання зчеплення та обґрунтування їх вибору.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 42

## Лабораторна робота № 7

Тема: Моделювання збірок деталей в SolidWorks Simulation.

Створення 3-D моделі деталі «Вал» з використанням програмного комплексу *SolidWorks*.

**Завдання:** за заданими умовами виконати геометричний розрахунок валу коробки швидкостей та створити його 3-D модель з використанням програмного комплексу *SolidWorks*.

Побудова виконується за прикладом з [1], стор. 77-85. Розміри валу приймаються згідно заданого варіанту за табл. 1.1.

Табл. 1.1.

Варіант	L*, мм	L1, мм	L2, мм	L3, мм	D, мм	D1, мм	D2, мм	D3, мм	D4, мм	D5, мм
1	200	20	20	60	35	20	30	10	30	3
2	220	20	25	60	35	20	30	10	30	3
3	240	22	25	70	40	25	35	15	35	3
4	250	22	25	70	40	25	35	15	35	5
5	270	25	25	80	45	25	40	15	40	4
6	290	25	30	80	45	30	40	20	40	5
7	300	30	30	70	53	30	50	20	47	5
8	320	30	30	80	55	30	50	20	50	5
9	340	30	30	80	55	30	50	10	50	5
10	350	30	30	75	55	30	50	10	50	5
11	380	35	35	90	58	30	50	10	52	5
12	370	35	35	100	55	30	50	20	50	5
13	355	30	35	90	45	25	40	15	40	5
14	345	25	30	70	45	20	40	10	40	4
15	330	25	30	100	45	25	40	15	39	3
16	350	30	35	95	45	20	40	10	39	3

\*Розміри, вказані буквами, відповідають рис. 1.1.

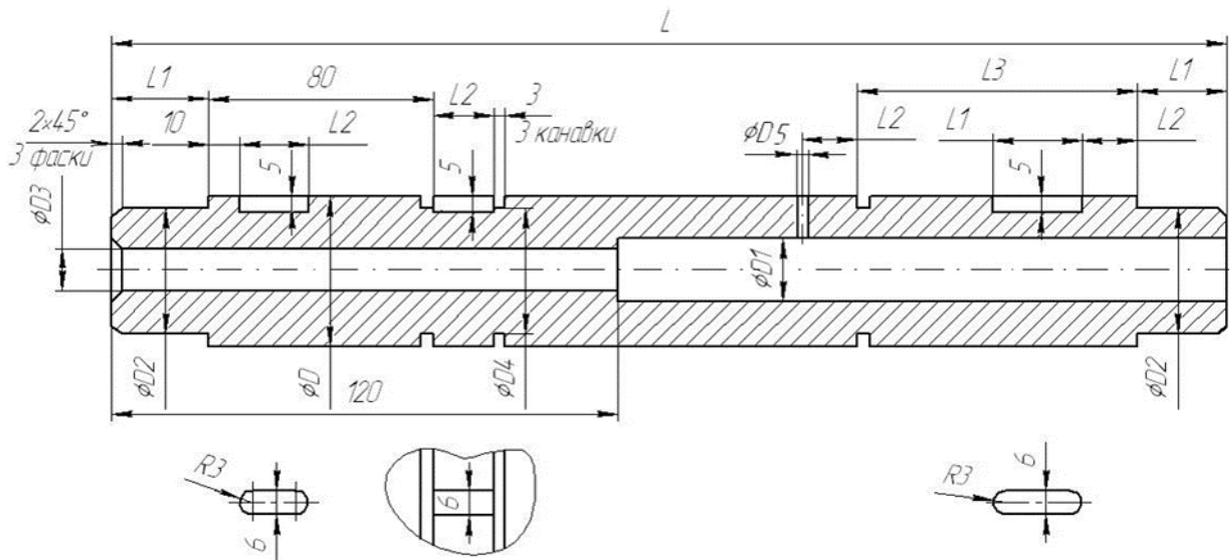


Рис. 7.1. Ескіз валу до завдання

### Створення 3-D моделі деталі «Корпус редуктора» використанням програмного комплексу *SolidWorks*

**Завдання:** за заданими умовами виконати геометричний розрахунок корпусу редуктора та створити його 3-D модель з використанням програмного комплексу *SolidWorks*.

Побудова виконується за прикладом. Окремі розміри корпусу приймаються згідно заданого варіанту за табл. 7.1.

Табл. 7.1.

Варіант	L1*, мм	L2, мм	L3, мм	L4, мм	D, мм	Товщина стінок		L5, мм	d, мм
						корпус	циліндр. поверхня		
1	80	35	30	70	30	6	10	10	8
2	95	45	35	80	40	8	12	12	10
3	110	50	45	90	50	12	14	14	12
4	120	60	50	100	60	14	16	16	14
5	130	60	55	110	70	16	18	18	16
6	140	75	55	120	80	15	19	20	20
7	90	40	30	90	40	6	10	10	8
8	100	45	45	100	50	7	12	12	10
9	105	50	45	110	60	11	14	14	12
10	120	60	50	120	70	13	16	16	14
11	150	70	70	135	80	15	18	18	16

12	100	40	40	90	30	9	12	12	12
13	125	65	40	90	60	7	10	18	16
14	145	75	50	100	70	10	14	20	20
15	165	85	60	110	80	12	16	20	20
16	115	52,5	35	80	50	11	15	12	12

\*Розміри, вказані буквами, відповідають рис. 7.2 та рис. 2.2 (ілюстрації з [1]).

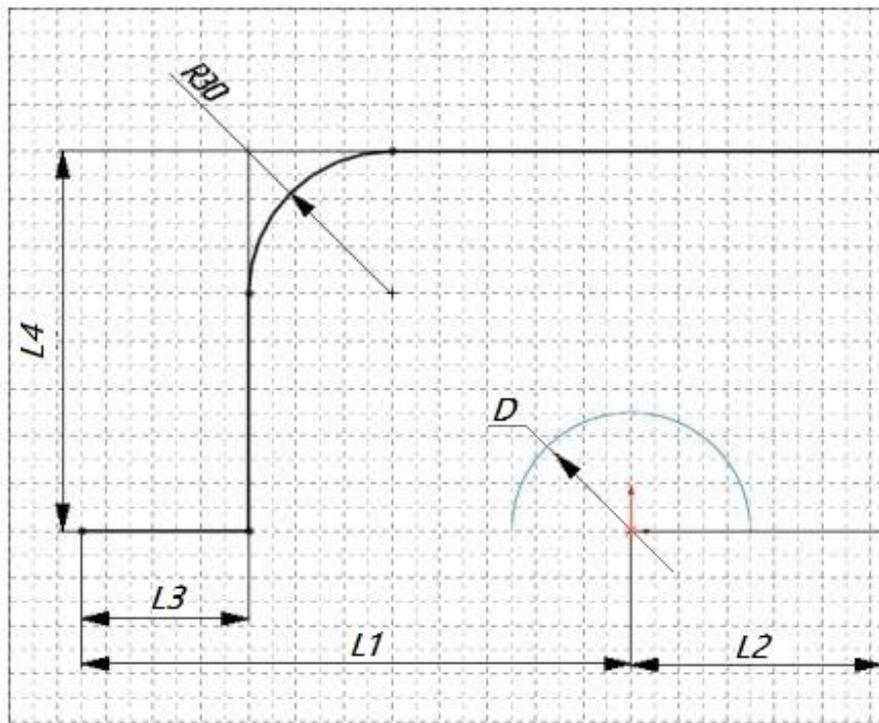


Рис. 7.2. Початковий ескіз корпусу редуктора

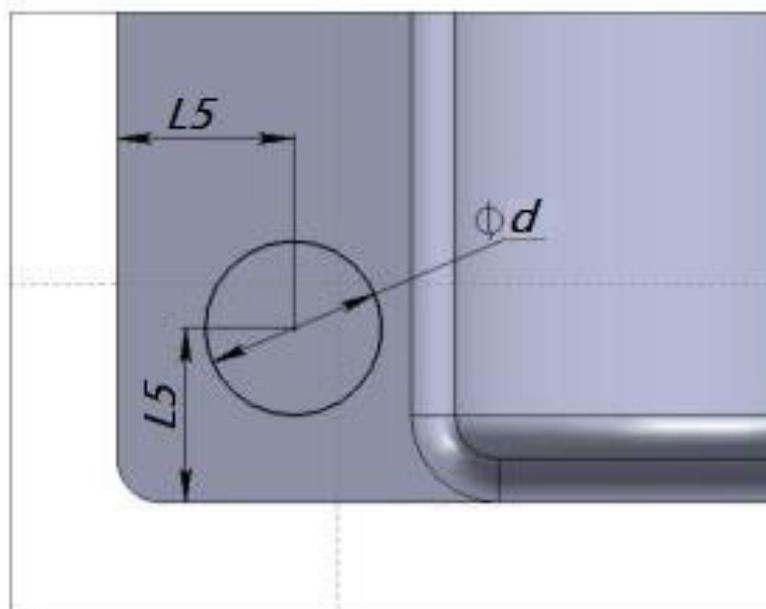


Рис. 7.3. Отвори в бурті корпусу редуктора

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 45

## Розрахунок на міцність деталі «Вал» з використанням програмного комплексу *SolidWorks* (модуля *SimulationXpress*)

**Завдання:** за результатами практичної роботи №1 виконати розрахунок на міцність валу (за його 3-D моделлю) з використанням програмного комплексу *SolidWorks* (модуля *Simulation Xpress*).

Розрахунок виконується за прикладом. Параметри розрахунку валу приймаються згідно заданого варіанту (табл. 7.3).

Кріплення (фіксація) валу виконується по зовнішнім циліндричним поверхням для встановлення підшипників діаметром D2 (рис. 7.2).

Табл. 7.3.

Варіант	Сила $F_1$ , кН	Сила $F_2$ , кН	Матеріал валу	Прим.
1	20	40	Звичайна вуглецева сталь	
2	25	50	Легована сталь	
3	30	60	Лита легована сталь	
4	35	70	Звичайна вуглецева сталь	
5	40	80	Лита вуглецева сталь	
6	45	90	Звичайна вуглецева сталь	
7	50	100	Легована сталь	
8	45	90	Лита легована сталь	
9	40	80	Звичайна вуглецева сталь	
10	35	70	Лита вуглецева сталь	
11	30	60	Звичайна вуглецева сталь	
12	25	50	Легована сталь	
13	35	70	Лита легована сталь	
14	30	60	Звичайна вуглецева сталь	
15	35	70	Лита вуглецева сталь	
16	25	50	Легована сталь	

2. Прикладені сили навантажують вал по опорним боковим поверхням шпонкових пазів та по поверхні дна шпонкових пазів (перпендикулярно осі валу), як показано на рис. 3.1. Сили  $F_1$  діють в шпонкових пазах довжиною  $L_2$ , сили  $F_2$  – в шпонковому пазу довжиною  $L_1$ . Сили  $F_1$ , що діють на бокову поверхню пазів протилежні аналогічній силі  $F_2$ . Початкові значення сил задано в табл. 7.3.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 46

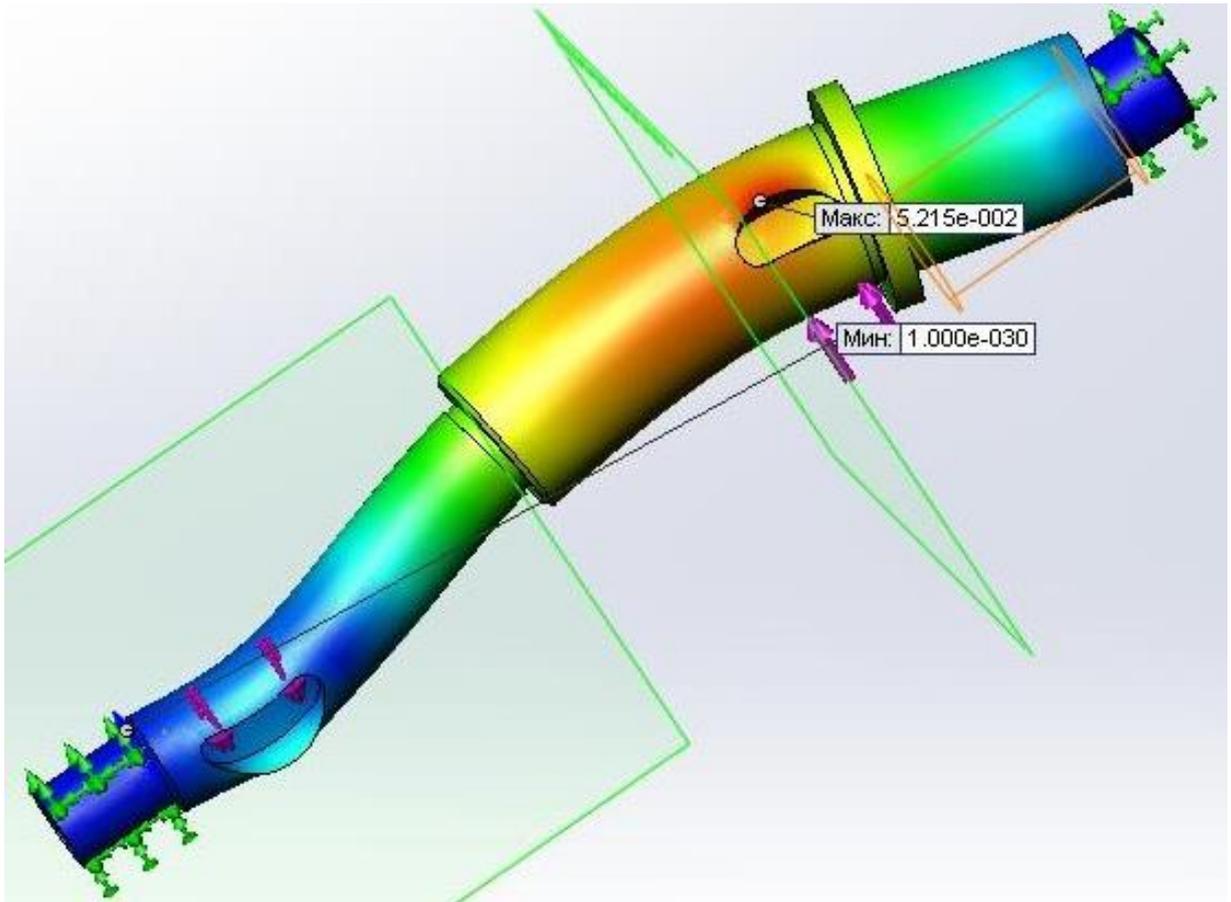


Рис. 7.4. Схема навантаження, фіксації і деформація валу

3. Після вибору матеріалу виконується запуск моделювання розрахунку валу на міцність, по кожному навантаженню окремо (на скручування і згин) і разом, та аналіз результатів моделювання.

4. Визначаються характерні точки (значення) еквівалентних напружень по Мізесу, зсув окремих точок деталі, величини деформації валу та оцінюється здатність деталі опиратися навантаженню за значенням коефіцієнта безпеки. Отримані результати вносяться у табл. 7.4. та виконуються необхідні «скріншоти» екрану з результатами моделювання з прогнозуванням зон максимальних напружень та деформацій (руйнування) деталі (рис.7.5).

5. Виконується корекція значень попередньо заданих сил зі збільшенням (зменшенням) коефіцієнта безпеки до величини  $K_{безп} \geq 1$  для всіх точок деталі.

6. Виконується повторне моделювання розрахунку валу на міцність та аналіз результатів моделювання.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 47

Табл. 7.4.

### Результати моделювання та удосконалення конструкції

За початковими даними			
Межа текучості матеріалу, Н/м <sup>2</sup> _____	Навантаження тільки бок. пов. пазів	Навантаження тільки дна пазів	Навантаження і бок. пов. і дна пазів
Сила F <sub>1</sub> Н (Н/м <sup>2</sup> )			
Сила F <sub>2</sub> Н (Н/м <sup>2</sup> )			
Максимальне напруження в матеріалі деталі, Н/м <sup>2</sup>			
Максимальна деформація деталі, мм			
Мінімальний коефіцієнт безпеки $K_{безп}$			
Після корекції ( $K_{безп} \geq 1$ )			
Межа текучос-ті матеріалу, Н/м <sup>2</sup>	Навантаження тільки бок. пов. пазів	Навантаження тільки дна пазів	Навантаження і бок. пов. і дна пазів
Сила F <sub>1</sub> Н (Н/м <sup>2</sup> )			
Сила F <sub>2</sub> Н (Н/м <sup>2</sup> )			
Максимальне напруження в матеріалі деталі, Н/м <sup>2</sup>			

Максимальна деформація деталі, мм			
Мінімальний коефіцієнт безпеки $K_{безп}$			

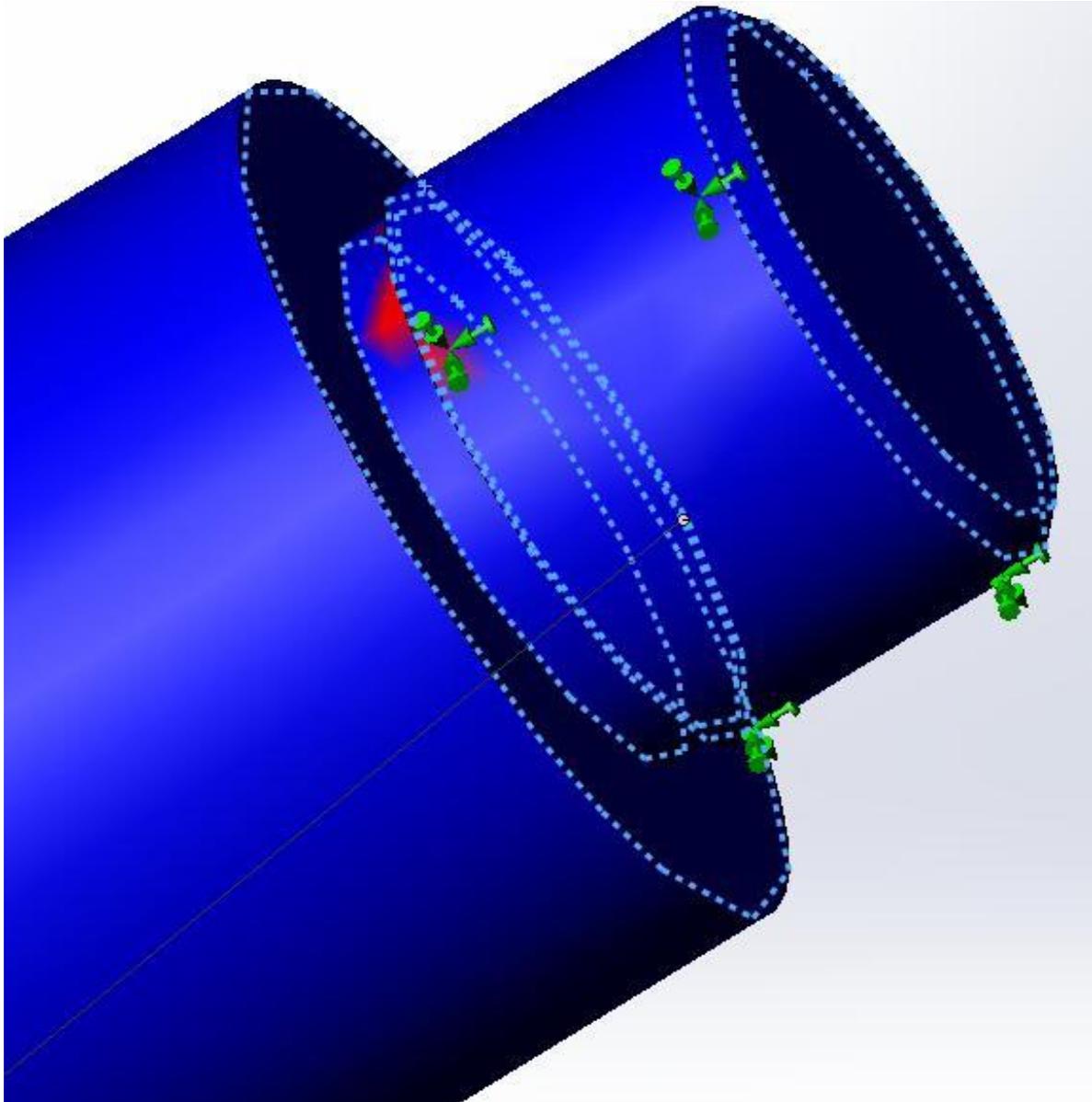


Рис. 7.5. Зона ймовірного руйнування валу

7. Визначаються характерні точки (значення) еквівалентних напружень по Мізесу, зсув окремих точок деталі, величини деформації валу та оцінюється

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 49

здатність деталі опиратися навантаженню за значеннями коефіцієнта безпеки ( $K_{безп} \geq 1$ ). Отримані результати вносяться у табл. 4.3. та виконуються необхідні «скріншоти» екрану з результатами моделювання з прогнозуванням зон максимальних напружень та деформацій (руйнування) деталі.

8. У висновках подаються пропозиції по зміні розмірів та (або) матеріалу деталі з метою досягнення необхідного коефіцієнта безпеки ( $K_{безп} \geq 1$ ) без корекції величини навантаження.

### Розрахунок на міцність деталі «Корпус редуктора» з використанням програмного комплексу *SolidWorks* (модуля *SimulationXpress*)

**Завдання:** за результатами практичної роботи №2 виконати розрахунок на міцність корпусу редуктора (за його 3-D моделлю) з використанням програмного комплексу *SolidWorks* (модуля *Simulation Xpress*).

Розрахунок виконується за прикладом. Параметри розрахунку корпусу приймаються згідно заданого варіанту.

Кріплення (фіксація) корпусу виконується по внутрішнім поверхням отворів діаметром  $d$  (рис. 7.7).

Табл. 7.5.

Варіант	Сила $F$ , кН	Тиск $p$ , Н/мм <sup>2</sup>	Матеріал корпусу	Прим.
1	20		Сіре лите залізо	
2		100	Коване лите залізо	
3	30		Пластичне залізо	
4		150	Звичайна вуглецева сталь	
5	40		Лита вуглецева сталь	
6		200	Сіре лите залізо	
7	50		Коване лите залізо	
8		250	Пластичне залізо	
9	40		Звичайна вуглецева сталь	

10		150	Лита вуглецева сталь	
11	30		Сіре лите залізо	
12		200	Коване лите залізо	
13	75		Пластичне залізо	
14		100	Звичайна вуглецева сталь	
15	35		Лита вуглецева сталь	
16		125	Сіре лите залізо	

2. Прикладена сила (або тиск) навантажує корпус по опорним поверхням підшипників (діаметром  $D$ , рис. 2.1), як показано на рис. 4.3. Початкове значення сили (тиску) задано в табл. 4.1.

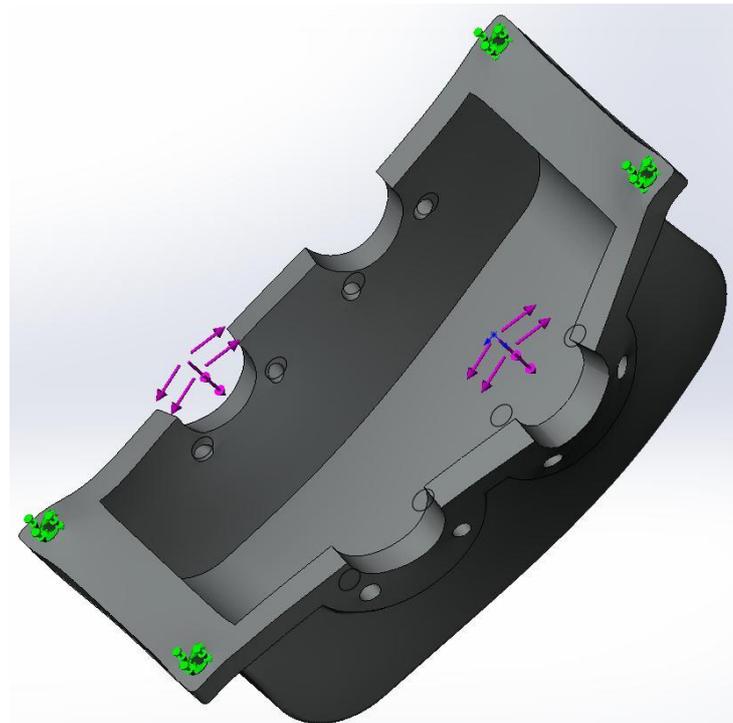


Рис. 7.6. Схема навантаження, фіксації та деформація корпусу редуктора

3. Після вибору матеріалу виконується запуск моделювання розрахунку корпусу редуктора на міцність (рис. 7.6) та аналіз результатів моделювання.

4. Визначаються характерні точки (значення) еквівалентних напружень по Мізесу, зсув окремих точок деталі, величини деформації корпусу та оцінюється здатність деталі опиратися навантаженню за значенням коефіцієнта безпеки. Отримані результати вносяться у табл. 7.6 та виконуються необхідні

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 51

«скріншоти» екрану з результатами моделювання з прогнозуванням зон максимальних напружень та деформацій (руйнування) деталі.

5. Виконується корекція початкової сили (тиску) зі збільшенням (зменшенням) коефіцієнта безпеки до величини  $K_{безп} \geq 1$  для всіх точок деталі.

Табл. 7.6.

### Результати моделювання та удосконалення конструкції

Задана сила (тиск), Н (Н/м <sup>2</sup> )		Сила (тиск) після корекції, Н (Н/м <sup>2</sup> ) ( $K_{безп} \geq 1$ )	
Межа текучості матеріалу, Н/м <sup>2</sup>		Межа текучості матеріалу, Н/м <sup>2</sup>	
Максимальне напруження в матеріалі деталі, Н/м <sup>2</sup>		Максимальне напруження в матеріалі деталі, Н/м <sup>2</sup>	
Максимальна деформація деталі, мм		Максимальна деформація деталі, мм	
Мінімальний коефіцієнт безпеки $K_{безп} (+/-)$		Мінімальний коефіцієнт безпеки $K_{безп} \geq 1 (+/-)$	

6. Виконується повторне моделювання розрахунку корпусу редуктора на міцність та аналіз результатів моделювання.

7. Визначаються характерні точки (значення) еквівалентних напружень по Мізесу, зсув окремих точок деталі, величини деформації корпусу та оцінюється здатність деталі опиратися навантаженню за значенням коефіцієнта безпеки ( $K_{безп} \geq 1$ ). Отримані результати вносяться у табл. 4.2. та виконуються необхідні

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 52

«скріншоти» екрану з результатами моделювання з прогнозуванням зон максимальних напружень та деформацій (руйнування) деталі.

8. У висновках подаються пропозиції по зміні розмірів (матеріалу) деталі з метою досягнення необхідного коефіцієнта безпеки ( $K_{безп} \geq 1$ ) без корекції величини навантаження.

### **Розрахунок на міцність та деформації деталі «Вал» з використанням програмного комплексу *SolidWorks* (додатку *Simulation*)**

**Завдання:** виконати розрахунок деталі «Вал» на міцність та деформації з використанням програмного комплексу *SolidWorks* (додатку *Simulation*)

#### **Послідовність виконання роботи**

На основі створеної раніше 3-D моделі деталі «Вал» виконати його розрахунок з використанням програмного комплексу *SolidWorks* (додатку *Simulation*).

Розрахунок виконується за прикладом.

2. Кріплення (фіксація) валу і дослідження виконується для кожного пункту (а -г) окремо:

а) по одній з торцевих поверхонь валу (рис. 5.1);

б) по зовнішнім циліндричним поверхням для встановлення підшипників на лівому та правому кінцях валу (рис. 5.1);

в) по зовнішній циліндричній поверхні з шпонковим пазом довжиною L2 (рис. 5.1);

г) кріплення по зовнішнім циліндричним поверхням для встановлення підшипників замінюється пружною основою, що імітує жорсткість радіальних підшипників, вибраних наближено за розмірами опорних поверхонь (рис. 5.1).

Для випадків а, б та в фіксація шпинделя виконується аналогічно практичній роботі №3 у такій послідовності:

- після додавання додатку *Simulation* викликається 3-D модель шпинделя (приклад [4], стор. 481), запускається «Дослідження» та вибирається його тип: «Статичне»;

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 53

- виконується вибір матеріалу у вкладці «Назва файлу» (наприклад, «Шпindel») дерева побудови: в контекстному меню вибирається команда «Застосувати/редагувати матеріал» (приймається вибраний в практичному №1 матеріал деталі або будь-яка сталь з наведеного переліку);

- активується вкладка «Кріплення» дерева побудови і в контекстному меню вибирається команда «Фіксована геометрія»;

- вибираються (фіксуються) необхідні грані та натискається «ОК».

Для випадку 2 установка шпиделя виконується аналогічно, але після активації вкладки «Кріплення» дерева побудови в контекстному меню вибирається команда «Пружна основа»:

- вибираються в якості опор необхідні грані і задається необхідна жорсткість у комірках 1 та 2: радіальна жорсткість підшипників може бути вибрана наближено за. Враховуючи розмірність, що вимагається у додатку *Simulation* ((Н/м)/м<sup>2</sup>) і площу внутрішньої опорної поверхні встановленого підшипника перераховується його радіальна жорсткість для пружної опори за формулою, (Н/м)/м<sup>2</sup>:

$$J = j \cdot 10^6 / S$$

де  $j$  – радіальна жорсткість підшипника Н/мкм,

$S$  – площа опорної поверхні підшипника в м<sup>2</sup> (для радіальної жорсткості – площа циліндричної поверхні внутрішнього кільця). Осьова жорсткість приймається в 10 разів більшою, ніж радіальна.

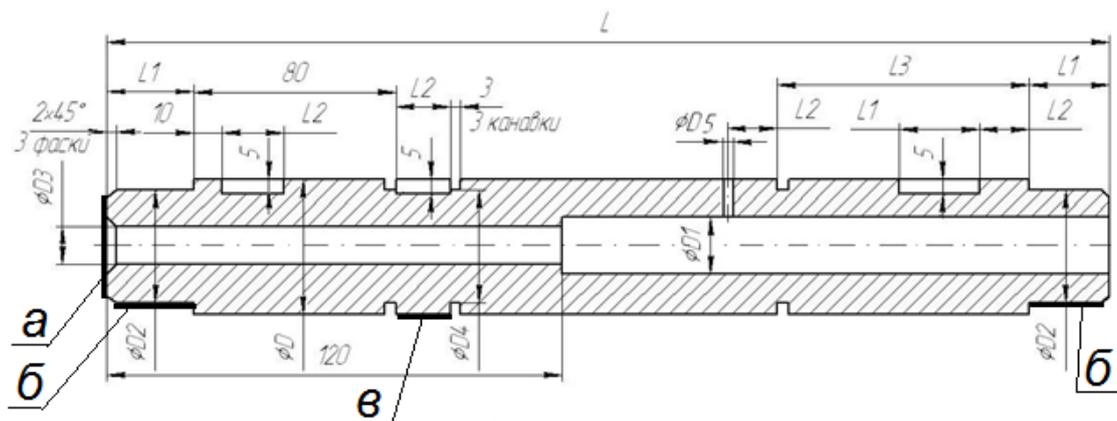


Рис. 7.7. Схема поверхонь фіксації (кріплення) валу

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 54

3. Прикладені сили навантажують вал аналогічно розрахунку на міцність деталі «Корпуса редуктора».

4. Після перевірки вибору матеріалу виконується запуск моделювання розрахунку валу на міцність, по кожному виду встановлення (фіксації) окремо, та аналіз результатів моделювання: вибирається вкладка «Сітка» дерева побудови і в контекстному меню вибирається команда «Створити сітку і запустити».

5. Визначаються характерні точки (значення) еквівалентних напружень по Мізесу, зсув (зміщення) окремих точок деталі, величини деформації валу (рис. 5.4) та оцінюється здатність деталі опиратися навантаженню за значенням коефіцієнта безпеки. Отримані результати вносяться у табл. 7.7. та виконуються необхідні «скріншоти» екрану з результатами моделювання з прогнозуванням зон максимальних напружень та деформацій (можливого руйнування) деталі.

6. При необхідності виконується корекція значень попередньо заданих сил зі збільшенням коефіцієнта безпеки до величини  $K_{безп} \geq 1$  для всіх точок деталі.

Для випадку встановлення на пружні основи обмежуючим фактором є максимальна деформація валу (зміщення опори) на 1 мм. Після корекції навантаження виконується повторне моделювання розрахунку валу на міцність та аналіз результатів моделювання.

Таблиця 7.7.

### Результати моделювання та удосконалення конструкції\*

За початковими даними			
Межа текучос-ті матеріалу, Н/м <sup>2</sup>	Навантаження тільки бок. пов. пазів	Навантаження тільки дна пазів	Навантаження і бок. пов. і дна пазів
Сила F <sub>1</sub> Н (тиск, Н/м <sup>2</sup> )			
Сила F <sub>2</sub> Н (тиск, Н/м <sup>2</sup> )			
Максимальне напруження в матеріалі деталі,			

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 55

Н/м <sup>2</sup>			
Максимальна деформація деталі, мм			
Мінімальний коефіцієнт безпеки $K_{безп}$			
<b>Після корекції (<math>K_{безп} \geq 1</math>)</b>			
Межа текучості матеріалу, Н/м <sup>2</sup>	Навантаження тільки бок. пов. пазів	Навантаження тільки дна пазів	Навантаження і бок. пов. і дна пазів
Сила $F_1$ Н (Н/м <sup>2</sup> )			
Сила $F_2$ Н (Н/м <sup>2</sup> )			
Максимальне напруження в матеріалі деталі, Н/м <sup>2</sup>			
Максимальна деформація деталі, мм			
Мінімальний коефіцієнт безпеки $K_{безп}$			

\* Результати моделювання для варіантів кріплення *а*, *б*, *в* та *г* подати в окремими таблицями.

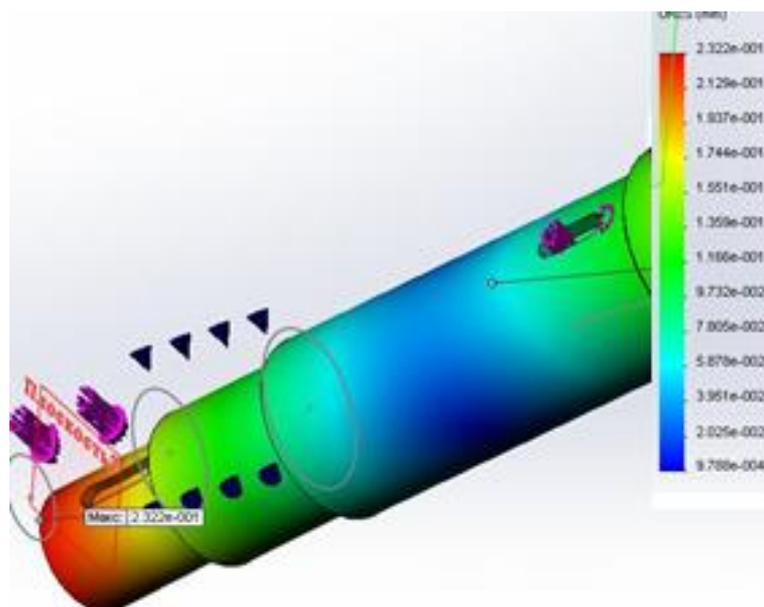


Рис. 7.8. Результати моделювання з визначенням зсуву (зміщення) окремих точок валу для випадку його встановлення на пружну основу (підшипники)

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1 Арк 79 / 56	

7. Визначаються характерні точки (значення) еквівалентних напружень по Мізесу, зсув окремих точок деталі, величини деформації валу та оцінюється здатність деталі опиратися навантаженню за значенням коефіцієнта безпеки ( $K_{безп} \geq 1$ ). Отримані результати вносяться у табл. 7.7. та виконуються необхідні «скріншоти» екрану з результатами моделювання з прогнозуванням зон максимальних напружень та деформацій (руйнування) деталі.

8. У висновках подаються пропозиції по зміні розмірів та (або) матеріалу деталі з метою досягнення необхідного коефіцієнта безпеки ( $K_{безп} \geq 1$ ) без корекції величини навантаження.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 57

## Лабораторна робота № 8

Тема: Вивчення конструкції автоматичних КПП.

Гідромеханічна передача (ГМП) успішно застосовується на автомобілях вже понад півстоліття і дає можливість помітно полегшити керування автомобілем. Застосування гідромеханічної передачі на автомобілі дозволяє отримати наступні переваги:

1. Забезпечення автоматизації перемикання передач і відсутність необхідності мати педаль зчеплення.
2. Підвищення прохідності автомобіля в умовах бездоріжжя за рахунок відсутності розриву потоку потужності при перемиканні передач.
3. Підвищення довговічності двигуна і агрегатів трансмісії за рахунок здатності гідротрансформатора знижувати динамічні навантаження.

У той же час як недолік необхідно відзначити втрату потужності і підвищення витрати палива за рахунок більш низького ККД ГМП в порівнянні з автомобілем, що має механічну коробку передач. Гідромеханічна передача включає в себе три основні частини:

- Гідротрансформатор;
- Механічну коробку передач;
- Систему управління.

На автомобілях ГМП вперше з'явилася в США: в 1940 р. коробка Hydramatic була встановлена на автомобілях Oldsmobile. Заради справедливості слід зазначити, що ще з початку 1930-х рр. на англійських автобусах використовувалася гідромеханічна трансмісія Wilson, яка не була автоматичною, але полегшувала роботу водія. В даний час в США ГМП забезпечуються 90% легкових автомобілів, а також всі міські автобуси і значна частина вантажних автомобілів. В Європі масове застосування ГМП почалося тільки на початку сімдесятих років минулого століття, коли ці передачі знайшли застосування в автомобілях Mercedes-Benz, Opel, BMW. В цей же час в Європі будуються спеціалізовані заводи з виробництва ГМП: фірма Borg-

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 58

Warner будує завод в Англії (м. Летіфорд), Ford — у м. Бордо (Франція), GM - в Страсбурзі (Франція). В Японії з'являються відразу дві спеціалізовані виробництва – Jatco і Aisin-Warner.

Гідротрансформатор (рис. 8.2; 8.3) був винайдений німецьким професором Феттінгером в 1905 р. Перш ніж знайти застосування на автомобілях, гідротрансформатор використовувався на судах і тепловозах.

Найпростіший гідротрансформатор, виконаний у вигляді камери тороїдальної форми і включає в себе три лопатевих колеса: насосне, вал якого з'єднаний з колінчастим валом двигуна; турбінне, з'єднане з трансмісією, і реактор, встановлений в корпусі гідротрансформатора (рис. 8.4).

Гідротрансформатор заповнюється спеціальною рідиною. Кожне колесо має зовнішній і внутрішній торці, між якими розташовуються профільовані лопаті, що утворюють канали для потоку рідини. Всі колеса гідротрансформатора максимально наближені один до одного, а витікання рідини перешкоджає спеціальне ущільнення.

При обертанні колінчастого вала двигуна обертається насосне колесо, яке переміщує рідину, що знаходиться між його лопатями. Рідина не тільки обертається щодо осі гідротрансформатора, а й за рахунок впливу на неї відцентрових сил переміщається вздовж лопатей насосного колеса у напрямку від входу до виходу, що супроводжується збільшенням кінетичної енергії потоку. На виході з насосного колеса потік рідини потрапляє на турбінне колесо, надаючи силовий вплив на його лопаті. Потім потік потрапляє в реактор, пройшовши який, повертається до входу в насосне колесо.

Таким чином, рідина постійно переміщається по замкнутому колу циркуляції, утвореному проточними частинами всіх трьох лопатевих коліс, і перебуває з ними в силовій взаємодії. При цьому насос передає енергію двигуна потоку, а той, у свою чергу, — турбіні.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 59

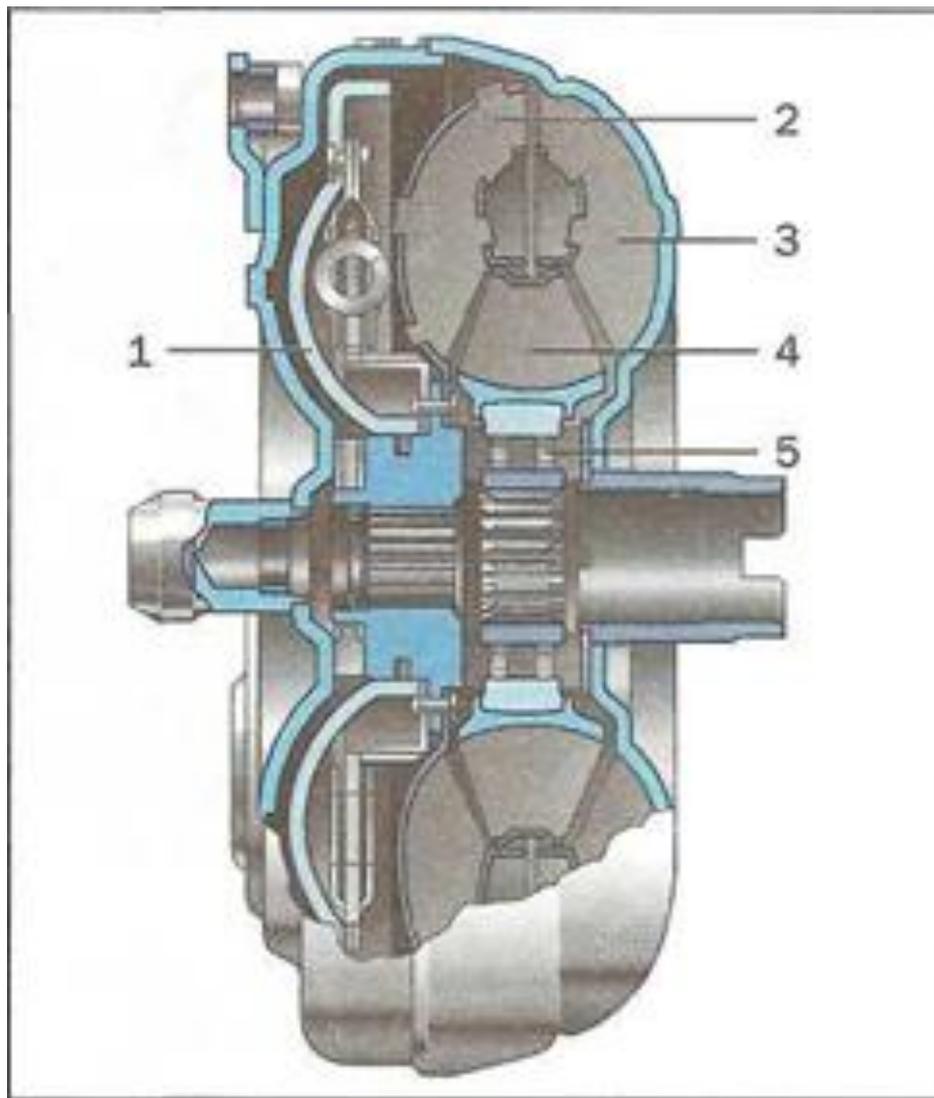


Рис. 8.2 Схема гідротрансформатора: 1 - блокувальна муфта, 2 - турбінне колесо, 3 - насосне колесо, 4 - реакторне колесо, 5 - механізм вільного ходу. Якби між насосним і турбінним колесами був відсутній реактор, то така конструкція (гідромуфта) здійснювала б перенесення енергії від двигуна до трансмісії гідравлічним способом, без можливості зміни крутного моменту. Розташований між колесами гідротрансформатора нерухомий реактор, має лопаті спеціального профілю, які змінюють напрям потоку рідини, що виходить з турбінного колеса і направляють його під певним кутом на лопаті насосного колеса. Це дозволяє значно збільшити переданий від двигуна в трансмісію крутний момент.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 60

Будь гідротрансформатор характеризується певним КПД, передавальним відношенням, яке показує співвідношення кутових швидкостей його коліс, і коефіцієнтом трансформації, що показує, у скільки разів збільшується значення крутного моменту.



Рис. 8.3 Зовнішній вигляд гідротрансформатора.

Максимальний коефіцієнт трансформації залежить від конструкції гідротрансформатора і може становити до 2,4 (при нерухомому турбінному колесі). При збільшенні частоти обертання вала двигуна збільшується кут швидкості насосного та турбінного коліс, а збільшення крутного моменту в гідротрансформаторі плавно зменшується. Коли кут швидкості турбінного колеса наближається до кут швидкості насосного, потік рідини, що надходить на лопаті реактора, змінює свій напрямок на протилежне.

Для того щоб реактор на цьому режимі не створював перешкод потоку рідини, його встановлюють на муфті вільного ходу, і він починає вільно обертатися (гідротрансформатор переходить на режим гідромуфти), що дозволяє, в свою чергу, знизити втрати. Такі гідротрансформатори називають комплексними.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 61

ККД гідротрансформатора визначає економічність його роботи. Максимальне значення ККД гідротрансформатора може бути від 0,85 до 0,97, але зазвичай знаходиться в діапазоні від 0,7 до 0,8. У комплексному гідротрансформаторі на режимі гідروмуфти можна отримати максимальне значення ККД - 0,97.

Зміна режимів роботи гідротрансформатора відбувається автоматично. Якщо збільшувати навантаження на виході з гідротрансформатора, то відбувається зменшення кутової швидкості турбіни, що призводить до збільшення коефіцієнта трансформації.

На жаль, гідротрансформатор має малий діапазон передавальних чисел, не забезпечує руху заднім ходом, не роз'єднує двигун від трансмісії (необхідна складна система спорожнення проточних частин від робочої рідини). Тому за гідротрансформатором встановлюють спеціальну коробку передач, яка компенсує зазначені недоліки. Така гідромеханічна передача є безступінчастою і дозволяє отримати будь-яке передавальне число в заданому діапазоні.



Рис. 8.4 Деталі гідротрансформатора:

- 1 - насосне колесо; 2 - турбінне колесо; 3 - кришки муфти вільного ходу; 4 - частина корпусу гідротрансформатора; 5 - залишки робочої рідини з продуктами механічного зносу деталей; 6 - колесо реактора; 7 - муфта вільного

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1 Арк 79 / 62	

ходу реактора; 8 - упорна шайба турбінного колеса; 9 - завзятий підшипник реактора; 10 - поршень блокування гідротрансформатора

В гідромеханічних передачах в основному застосовуються механічні планетарні коробки передач, які легко піддаються автоматизації, але іноді використовують і звичайні ступінчасті коробки передач з автоматичним керуванням.

Проста планетарна передача складається з центральної, «сонячної», шестерні і зовнішньої шестерні у вигляді кільця, з внутрішніми зубами; ці дві шестерні пов'язані між собою за допомогою декількох (зазвичай трьох) шестерень-сателітів, змонтованих на загальній рамі, яка називається водилом.

Для того щоб планетарна передача змінювала крутний момент, потрібно забезпечити обертання одного з її елементів («сонячної», коронної шестерні або водила), а один з елементів загальмувати. В цьому випадку третій елемент буде обертатися з кутовою швидкістю, яка визначається числом зубів шестерень, що входять в планетарну передачу. Якщо одночасно загальмувати два елементи, планетарна передача буде працювати, як пряма з передавальним числом рівним одиниці. Планетарна передача дозволяє легко реверсувати обертання для отримання заднього ходу автомобіля. У той же час такі передачі досить компактні, забезпечують можливість отримання великих передавальних чисел і легко з'єднуються послідовно для отримання великої кількості ступенів. Для перемикання передач досить просто загальмовувати вали окремих елементів планетарної коробки передач. Раніше як гальмівних пристроїв часто використовували стрічкові гальма, а в останній час вони практично витіснені багатодисковими «мокрими» зчепленнями - фрикціонами. Існують і більш складні варіанти планетарних передач.

Перші американські ГМП легкових автомобілів мали двоступеневу передачу, причому нижча передача включалася вручну. Однак згодом однією автоматичної передачею виявилось явно недостатньо і з'явилися ГМП з двома і трьома автоматичними передачами. Для підвищення паливної економічності,

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 63

гідротрансформатори стали робити блокувальними — після розгону на вищій передачі насосне та турбінне колеса жорстко з'єднувалися фрикційної муфтою.

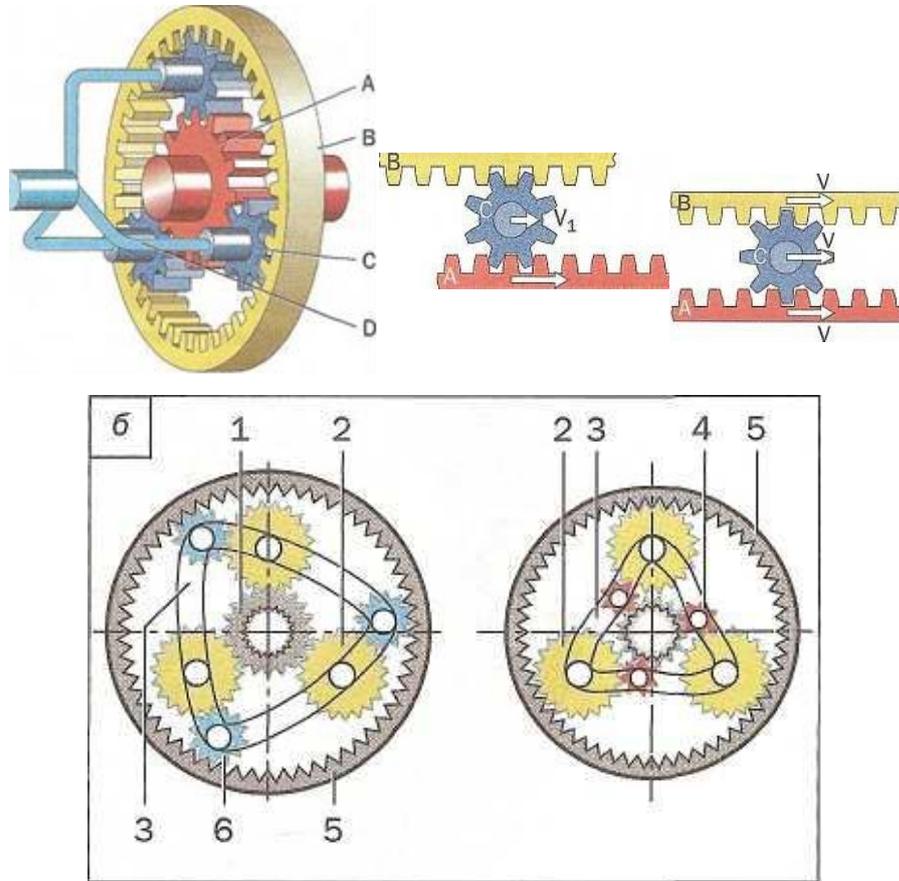


Рис. 8.5 Проста планетарна передача (а):

А - сонячне колесо; В - епіцикл; С - сателіти; Б - водило; V - лінійна швидкість;  
і схема планетарної передачі (б): 1 - сонячна шестірня; 2, 4, 6 - сателіти; 3 - водило, 5 - коронна шестерня.

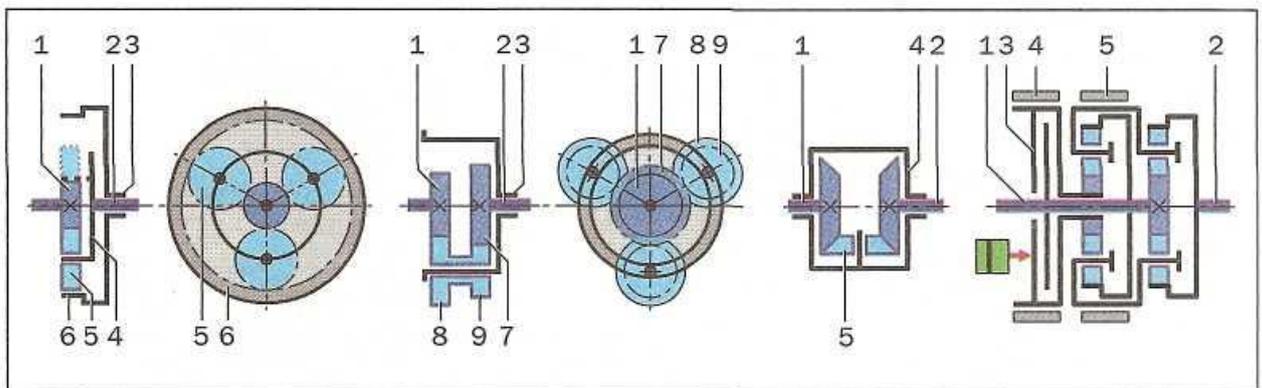


Рис. 8.6 Варіанти виконання планетарних передач:

1, 2, 3 - вали, 4 - водило; 5, 8, 9 - сателіти; 6, 7 - коронне зубчасте колесо.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 64

Потім в кінці 1980-х рр. блокування гідротрансформатора стали застосовувати на всіх передачах, крім першої. Система автоматичного управління зазвичай складається з наступних підсистем:

- Функціонування (гідралічні насоси, регулятори тиску);
- Вимірювальна, що збирає інформацію про параметри управління;
- Керуюча, що виробляє керуючі сигнали;
- Виконавча, що здійснює управління переключенням передач, роботою двигуна;
- Підсистема ручного управління;
- Підсистема автоматичних захистів, що запобігає виникненню небезпечних ситуацій.

Кінець 80-х рр. ознаменувався повсюдним впровадженням електроніки. Вона дозволяє набагато точніше витримувати задані моменти перемикання (з точністю до 1% замість колишніх 6-8%). З'явилися додаткові можливості: за характером зміни швидкості при даному навантаженні на двигун комп'ютер може обчислити масу автомобіля і ввести відповідні поправки в алгоритм перемикання. Електронне управління надало необмежені можливості для самодіагностики, що дозволило коригувати процеси управління в залежності від багатьох параметрів (від температури і в'язкості рідини до ступеня зносу фрикційних елементів).

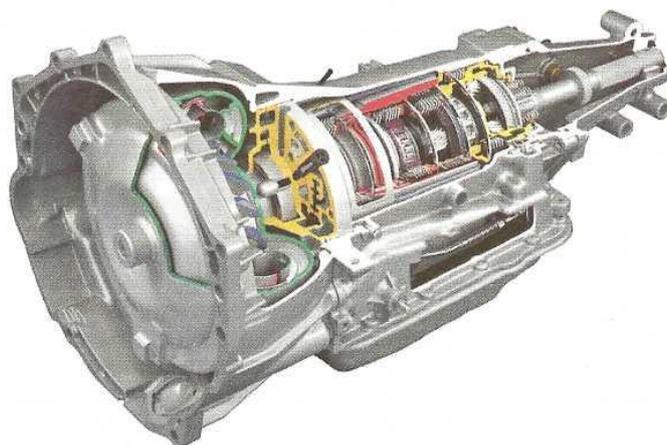


Рис. 8.7 Сучасна чотириступінчаста ГМП автомобіля класичної компоновки.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 65

Однак, як і колись, багато чого залежить від вибору закону перемикання і організації перехідного процесу перемикання передач, а також ретельного узгодження їх з характеристиками двигуна. Наприклад, багато автомобілів BMW, Audi, Jaguar мають однакові за конструктивними особливостями автоматичні коробки передач однієї і тієї ж фірми Zannradfabrik (ZF), але вони працюють абсолютно по-різному.

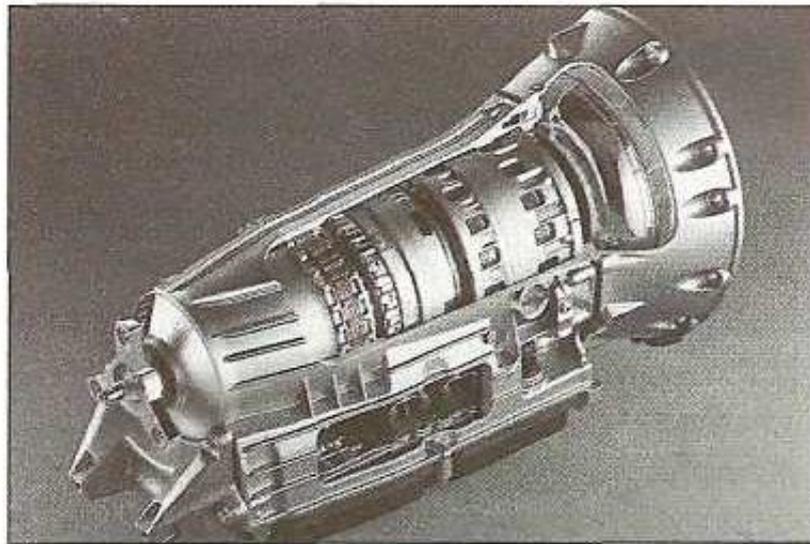


Рис. 8.8 Гідромеханічна коробка передач 7G-Tronic - перша в світі семиступінчаста автоматична коробка (Mercedes-Benz)

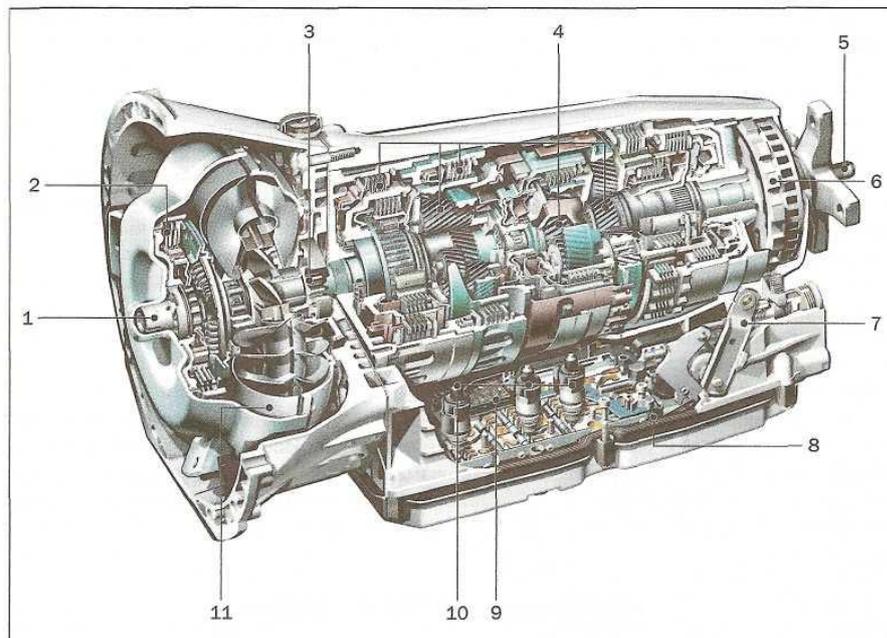


Рис. 8.9 Пристрій коробки передач 7G-Tronic:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 66

1 - ведучий вал, 2 - фрикціон блокування гідротрансформатора з гасителем крутильних коливань; 3 - масляний насос з контролем тиску; 4 - фрикціони і планетарні передачі; 5 - вихідний вал; 6 - гальмо стоянки; 7 - селектор; 8 - електронний блок управління; клапани і датчики, вбудовані в піддон; 9 - електронний блок перемикання передач; 10 - високошвидкісні соленоїди; 11 - гідротрансформатор.

З вересня 2003 р. на автомобілі Mercedes-Benz класу E, S, SL і CL встановлюються гідромеханічні коробки передач 7G-Tronic (рис. 8.8). Ця семиступінчаста автоматична коробка передач прийшла на зміну п'ятиступінчастого варіанту ГМП. Нова ГМП дозволила понизити витрату палива в середньому на 5% в залежності від моделі автомобіля. Перемикання передач відбувається швидше і більш плавно.

Перемикання передач здійснюється трьома багатодисковими гальмами, на які впливають гідравлічні циліндри. Тиск у системі управління створює гідронасос з приводом від двигуна через насосне колесо гідротрансформатора. У нижню частину коробки встановлюється гідравлічний виконавчий золотниковий пристрій, який за допомогою електромагнітних клапанів і по команді блоку управління з'єднує гідронасос з гідравлічними елементами зчеплення і гальм.

Основними елементами електронної системи управління є електронний блок і важіль управління. У правому секторі важіль може займати чотири позиції:

P - режим паркування;

R - задній хід;

N - нейтральна передача;

D - рух в режимі автоматичного перемикання передач.

При положенні важеля в позиції D програма забезпечує різні алгоритми перемикання відповідно до опору руху, навантаженням, положенням педалі «газу», дорожньою ситуацією. Алгоритми управління відповідають руху в різних умовах:

- Рух з постійною високою швидкістю;

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 67

- Міський режим руху;
- Гірський режим руху;
- Режим буксирування;
- Рух на поворотах.

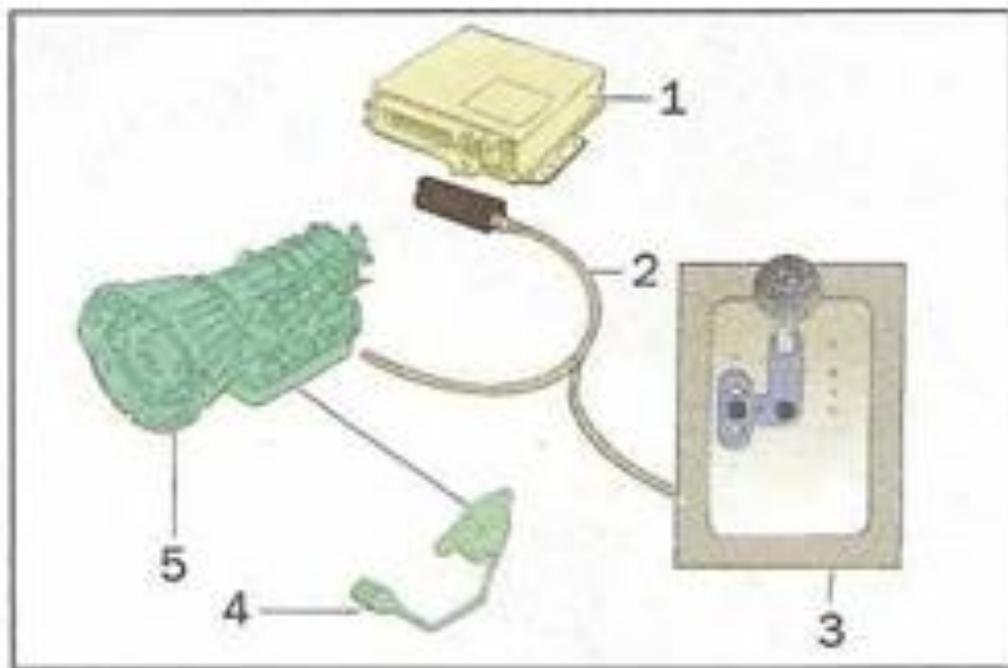


Рис. 8.10 Основні елементи електронної системи управління:

- 1 - блок управління, 2 - з'єднувальний кабель, 3 - важіль управління, 4 - електричний роз'єм, 5 – ГМП.

При переміщенні важеля вліво водій переводить коробку передач в режим ручного перемикавання. Рухом важеля вперед-назад - включення підвищувальної-понижувальної передачі. Таке перемикавання передач прийнято називати секвентальним (послідовним). Електронний блок управління є адаптивним, він запам'ятовує манеру водіння водія і коригує алгоритми автоматичного перемикавання передач.

### **Коробки передач з варіатором**

Коробки передач з варіаторами є безступінчастими і дають можливість отримати в заданому обмеженому діапазоні будь передавальне число. У багатьох країнах такі коробки передач позначають буквами CVT (Continuously

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 68

Variable Transmission) — трансмісія, яка постійно змінюється. Історія використання варіаторів різних типів в трансмісіях легкових автомобілів налічує майже сто років. В даний час в автоматичних коробках передач застосовують клиноремінні і тороїди варіатори.

### **Клиноремінні варіатори**

Вперше на серійному автомобілі трансмісія з клиноремінним варіатором DAF Variomatic була використана в 1950 р. У трансмісії Variomatic використовувався нескінченний гумовий приводний ремінь, затиснутий між конічними поверхнями шківів. Відстань між двома половинками шківів змінювалася, тому змінювався робочий радіус ведучого шківа, а це в свою чергу змушувало змінювати радіус веденого шківа, половини якого стискалися пружиною. Така конструкція мала істотними недоліками. Гумові ремені, розташовані під днищем автомобіля, швидко руйнувалися, і їх заміна була досить складною операцією. Величина переданого крутного моменту була невеликою і тому таку конструкцію можна було застосовувати тільки на автомобілях з малопотужними двигунами. Крім того, автомобіль з такою трансмісією міг рухатися заднім ходом з тією ж швидкістю, що і вперед, а це було досить небезпечно. Голландський інженер Ван Доорн удосконалив конструкцію клиноремінного варіатора, замінивши гумовий ремінь сталевим, що складається з набору окремих пластин спеціальної форми.

Принциповою відмінністю цієї конструкції є те, що такий ремінь може передавати не тільки тягові, а й штовхаючі зусилля. Ван Доорн використовував свою розробку в конструкції трансмісії Transmatic, яка могла передавати крутний момент величиною до 150 Н\*м. Трансмісії з варіаторами не мають нейтральній передачі, і тому при зупинці автомобіля необхідно від'єднувати двигун від трансмісії за допомогою якого-небудь пристрою. В трансмісіях Variomatic і Transmatic для цієї мети використовувалось відцентрове зчеплення, яке автоматично вимикається і включалося. Рушання з місця і зупинка автомобілів з цими трансмісіями супроводжувалися різкими ривками. Компанія

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 69

Subaru (Японія), що використала коробку передач з клиноремінним варіатором на автомобілі Justy, застосувала електромагнітне порошкове зчеплення з комп'ютерним управлінням. Аналогічне рішення використовує і компанія Nissan на автомобілях Micra з варіатором. Для обмеження швидкості заднього ходу застосовують спеціальні обмежувальні пристрої.

Компанія Honda розробила свою власну конструкцію варіатора зі сталевим ременем і шківками. Для рушання з місця і зупинки використовується багатодискове, мокре зчеплення, кероване комп'ютером. Ця трансмісія встановлюється на автомобіль середнього класу Civic, що приводиться в рух 1,6-літровим двигуном, що розвиває максимальний крутний момент 140 Н\*м. Серед особливостей трансмісії слід зазначити комп'ютерний контроль (від електронної системи управління), тиску для керування положенням половин обох шківів варіатора. Ця система забезпечує оптимальний тиск без надмірного його збільшення. Занадто сильне «стиснення» знижує механічну ефективність, а також призводить до передчасного зносу ременя і збільшення гучності роботи. Програмування варіатора на автомобілі Civic забезпечило хороше співвідношення з режимами економічної роботи двигуна, і це привело до підвищення паливної економічності автомобіля з варіатором при випробуваннях в міському циклі руху, на 15% в порівнянні з паливною економічністю автомобіля зі звичайною чотириступінчастою автоматичною коробкою передач.

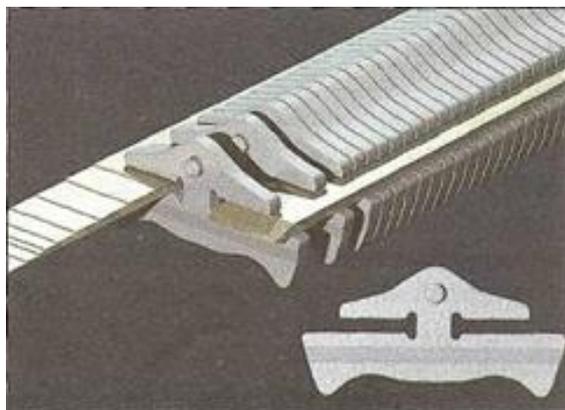


Рис. 8.11 Сталевий ремень Transmatic.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 70

У 1995 р. німецька компанія ZF продемонструвала автоматичну коробку передач з клиноремінним варіатором Ecotronic, в якій використовувався гідротрансформатор.

Таке рішення ускладнює і здорожує конструкцію, але забезпечує плавне рушення з місця і інтенсивний розгін автомобіля. Наявність гідротрансформатора дає можливість зменшити діапазон передавальних чисел варіатора, що знижує його розміри і габарити автоматичної коробки передач. В даний час ZF виробляє три варіанти таких коробок передач. Найбільш потужний варіант з цього сімейства коробок CFT25 має сталевий ремінь шириною 30 мм, планетарну передачу для забезпечення заднього ходу, яка включається за допомогою багатодискового, мокрого зчеплення. Коробка передач може передавати крутний момент до 250 Н\*м, що дає можливість використовувати такі коробки передач на автомобілях середнього класу VW Passat, Ford Mondeo та ін. Управління коробками передач ZF здійснюється за допомогою комп'ютера, програмне забезпечення якого забезпечує адаптивне управління різними режимами руху.

Автомобілі з сучасними автоматичними коробками передач, які використовують варіатор зі сталевим ременем, мають набагато кращими показниками паливної економичності та плавністю роботи в порівнянні зі звичайними гідромеханічними автоматами. Надійність і довговічність сучасних коробок передач з такими варіаторами також досить висока. Однак широке застосування таких коробок стримується в силу не технічних, а, скоріше, психологічних проблем. Водії звикли, що при розгоні автомобіля із звичайною механічною або автоматичною коробками передач вони відчувають збільшення частоти обертання двигуна. Автомобіль з варіатором може інтенсивно розганятися і при постійній частоті обертання двигуна, тому що варіатор підтримує цю частоту, яка необхідна для кращого розгону. Така робота забезпечує найбільш оптимальний розгін, але через незвичний звук у водія створюється враження, що прийомистість автомобіля недостатня.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 71

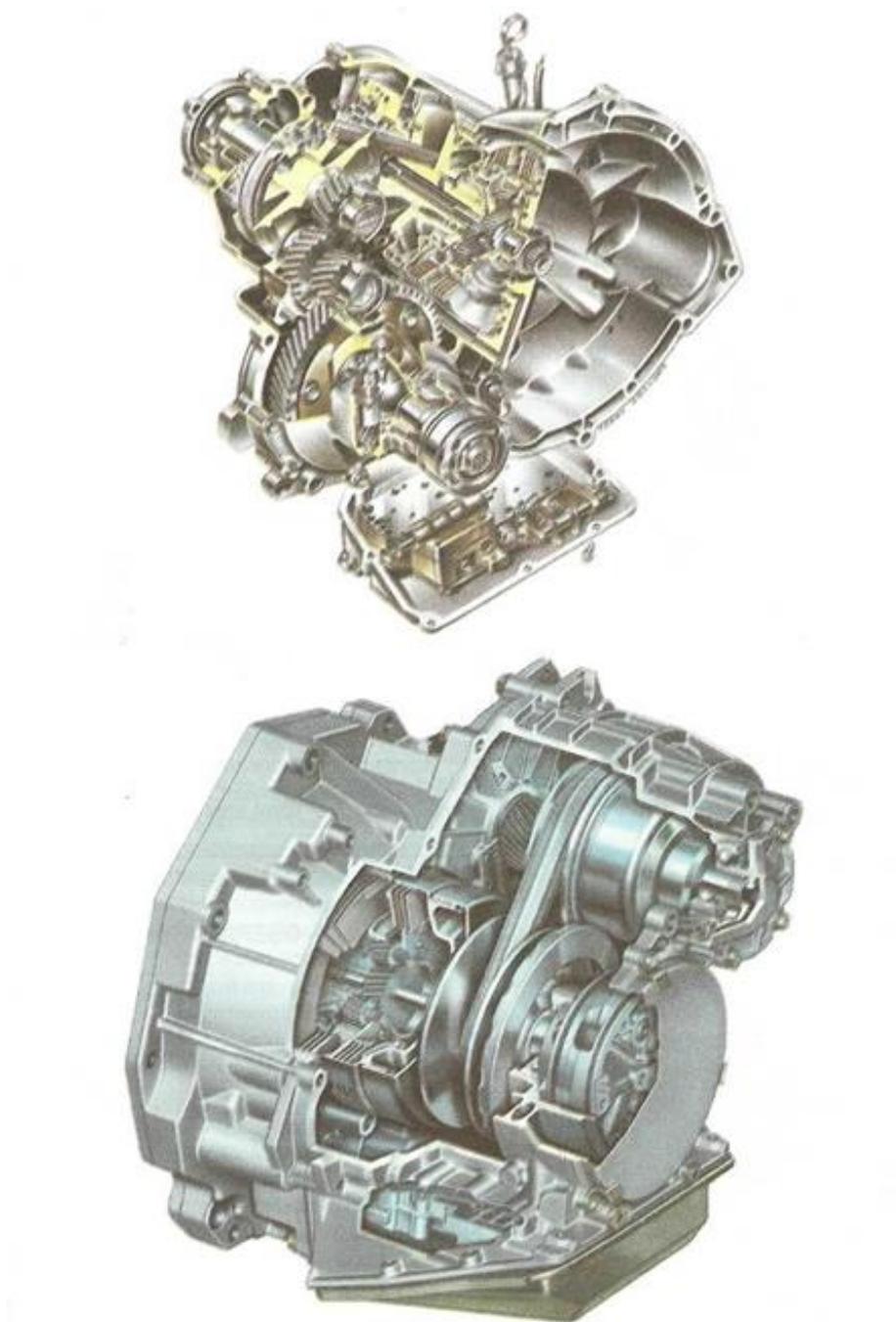


Рис. 8.12 Коробка передач Нурер CVT-M6

Для вирішення цієї проблеми деякі виробники були змушені адаптувати керуючі системи своїх варіаторів для штучного створення ряду фіксованих передавальних чисел, подолавши, таким чином, психологічну проблему. У водіїв таких автомобілів з'явилася можливість вибору між ручним послідовним (секвентальним) перемиканням передач з фіксованими значеннями або безступінчастим автоматичним управлінням. Вперше така конструкція була

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 72

використана компанією Nissan в 1997 р. в коробці передач Нурер CVT-М6 (рис. 8.12).

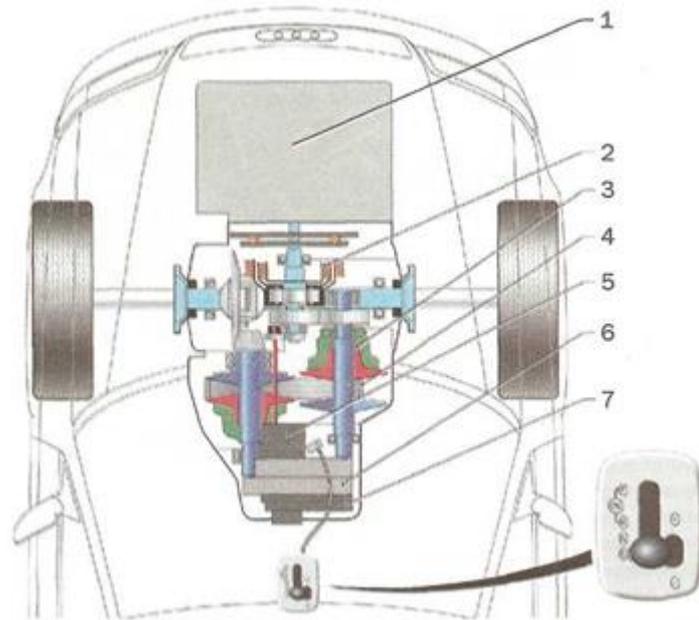


Рис. 8.13 Схема коробки передач Multitronic:

1 - двигун; 2 - зчеплення; 3 - варіатор, 4 - ланцюг, 5 - гідронасос; 6 - керуючий блок; 7 - блок електроніки.

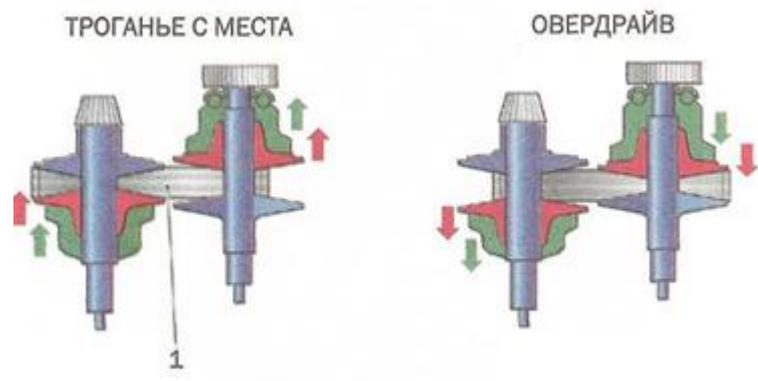


Рис. 8.14Схема роботи варіатора Multitronic: 1 – ланцюг

Компанія Audi при створенні коробки передач з варіатором Multitronic (рис. 8.13) використовувала інший принцип. При розгоні забезпечується збільшення оборотів двигуна зі збільшенням швидкості автомобіля. Такий режим розгону не є найбільш ефективним, але дає можливість вирішити психологічні проблеми. При екстремальному розгоні керуюча електроніка перемикає варіатор на оптимальний режим роботи. Новий підхід забезпечив можливість

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 73

автомобілю Audi A6 з коробкою передач Multitronic показати кращі результати по паливній економичності та інтенсивності розгону в порівнянні з таким же автомобілем, але, які мають механічну коробку передач. Крім автоматичного режиму Multitronic підтримує режим секвентального перемикання передач з шістьма фіксованими передаточними числами. У конструкції використовується мокре багатодискове зчеплення для забезпечення можливості старту з місця. Приводний ремінь Audi являє собою багатоланковий ланцюг, який передає крутний момент за рахунок тертя між торцями осей пластин, що становлять ланцюг, і поверхнями шківів (рис. 8.14). Гідравлічна система управління варіатором забезпечує оптимальне зусилля стиснення шківів, не допускаючи прослизання ланцюга і забезпечуючи необхідну довговічність варіатора.

В тороїдному варіаторі (рис. 8.15) між двома колесами зі сферичною (тороїдною) робочою поверхнею затискається ролик. Одне колесо є ведучим, а інше — веденим. Передача крутного моменту забезпечується силами тертя між робочими поверхнями коліс і ролика. Зміна положення осі ролика в поперечній площині приводить до зміни передавального числа варіатора, рівного відношенню радіусів кіл, які проходять через точки контакту коліс з роликом. В залежності від кута повороту ролика ведене колесо може обертатися з тією ж швидкістю, що і ведуче (якщо ролик горизонтальний), з більшою, чи меншою (якщо ролик повертається). При використанні тороїдного варіатора в трансмісії автомобіля так само, як і у випадку клиноремінного, необхідно забезпечити можливість отримання заднього ходу і відключення варіатора від двигуна за допомогою зчеплення. Перший патент на конструкцію трансмісії з тороїдного варіатором був отриманий Чарльзом Хантом ще в 1877 р. Такі трансмісії виробництва Perbury-Hauers пропонувалися для автомобілів в 1930-і рр., Проте вони відрізнялися недостатньою величиною переданого крутного моменту і низькою довговічністю через відсутність відповідних матеріалів і технологій. Основна проблема полягає в тому, що передача крутного моменту цілком залежить від тертя в контактні ролика з колесами, і чим вище переданий момент,

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 74

тим більше повинна бути сила тертя, причому при дуже малій площі контакту. Для збільшення тертя тиск між деталями варіатора має бути вище, що може привести до пошкодження варіатора.

У 1999 р. компанія Nissan почала встановлювати на деяких зі своїх автомобілів, призначених для японського ринку, коробки передач Extroid. У цій коробці передач використовується здвоєний тороїдний варіатор, що розділяє потік потужності з метою зменшення розмірів вузла. Коробка передач була сконструйована для поздовжньої установки на потужні заднепривідні автомобілі і може передавати крутний момент до 300 Н\*м, що на сьогоднішній день є рекордом для коробок передач з варіаторами. Можливість передачі таких зусиль забезпечена застосуванням високоякісних сталей і спеціальних трансмісійних масел. Зусилля стиснення коліс і роликів варіатора становлять величину до 10 т. При таких зусиллях стиснення повернути ролик для зміни передавального числа варіатора не просто.



Рис. 8.15 Схема тороїдного варіатора

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 75

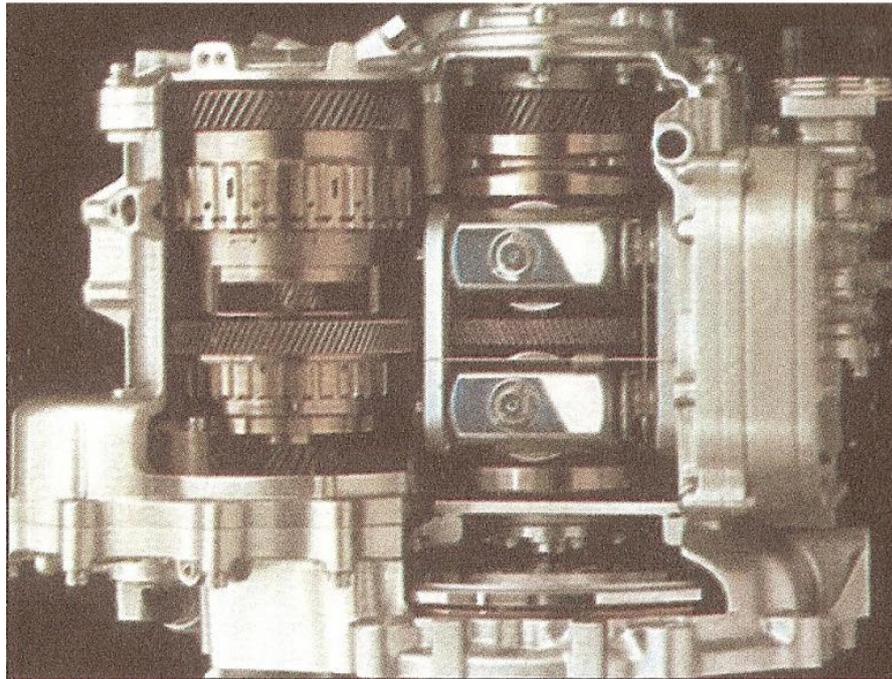


Рис. 8.16 Коробка передач Mazda з тороїдальний варіатором.

Nissan використовує оригінальну систему повороту роликів, в якій ролики повертаються автоматично при їх невеликому зміщенні щодо осі обертання. Спільно з варіатором в коробці передач Extroid працює гідротрансформатор. Для включення заднього ходу використовується планетарна передача, керована за допомогою багатодискового мокрого фрикційного зчеплення.

На Токійському автосалоні 1999 р. компанія Mazda продемонструвала трансмісію, яка включає в себе два тороїдних варіатора, двоступеневу планетарну передачу і два автоматичних зчеплення (рис. 2.16). При рушанні автомобіля з місця планетарна передача знижує передавальне число, з метою отримання високого крутного моменту. На великій швидкості привід на колеса здійснюється безпосередньо від тороїдного варіатора. Коробка передач включає в себе і головну передачу з диференціалом і призначена для поперечної установки на передньопривідні автомобілі.

#### **Автоматизовані коробки передач**

Останнім часом відродився інтерес до автоматичного управління механічними коробками передач з використанням електронного контролю і сучасних

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 76

виконавчих пристроїв. Те, чого винахідники не могли здійснити в минулому, використовуючи хитромудрі механічні пристрої, стало можливим після появи надійних комп'ютерів і нових технологій.

Вперше такий агрегат – SMG (Sequentail M Gearbox) — був запропонований компанією BMW (рис. 2.17). Ця коробка передач пропонується як додаткове обладнання для автомобіля BMW M3, має шість передач для руху вперед і може працювати в двох незалежних, керованих сервомеханізмом режимах.

У першому, так званому економічному режимі, коробка передач працює повністю автоматично, як і будь-яка інша автоматична коробка. Цей режим включається автоматично кожного разу коли включається запалювання. Другий, спортивний режим, який вибирає сам водій, дає можливість перемикає передачі вгору-вниз, як це робить система Tiptronic. Для перемикає передач використовуються гідравлічні виконавчі механізми. Інженерам BMW вдалося домогтися рекордного часу перемикає передач - при розгоні автомобіля час перемикає передач не перевищує 0,08 с. Електронний блок управління коробки передач контролює не тільки виконавчі пристрої, але й керує роботою двигуна, забезпечуючи перерегулювання при перемикає на нижчі передачі. При зниженні швидкості до 15 км / год автоматично включається друга передача, а при повній зупинці перша.

У коробці передач Easytronic (рис. 2.18), розробленою спільно компаніями Valeo і Luk і призначеної для установки на невеликі автомобілі для європейського ринку, в якості виконавчих пристроїв використовуються три крокових електродвигуна. Коробка передач вийшла легкою і компактною, але перемикає передач здійснюється повільніше, ніж в коробках передач з гідравлічним управлінням. Управління трансмісією вантажних автомобілів, особливо коробками передач магістральних тягачів з великим числом передач, завжди вимагало великого уміння від водія. Невипадково, що автоматизація торкнулася і таких коробок (рис. 2.19). Більшість виробників

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 77

вантажних автомобілів пропонують у якості варіантів автоматичні і напівавтоматичні коробки передач.

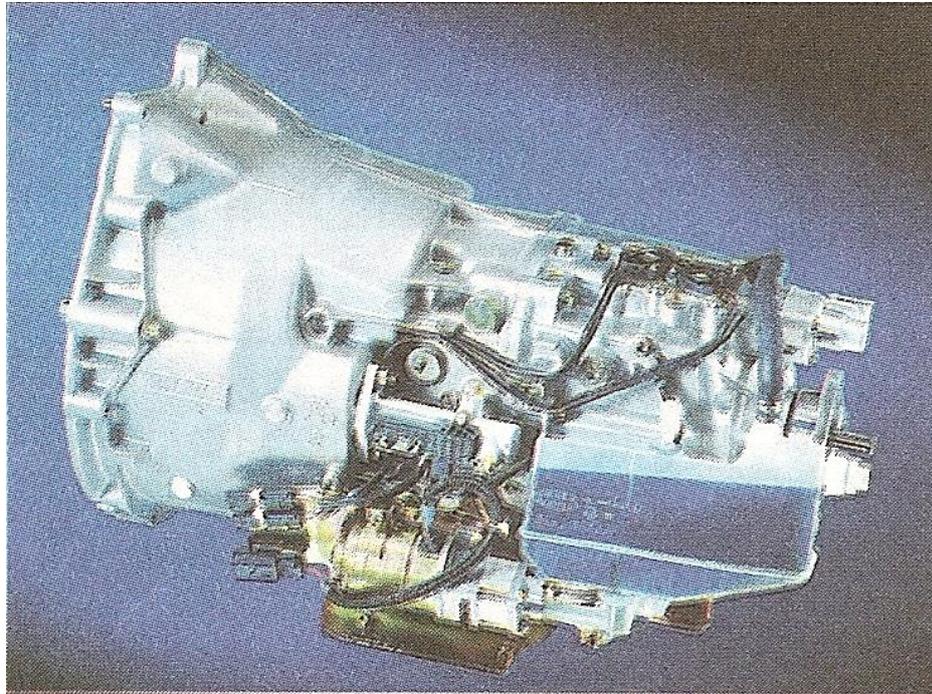


Рис. 8.17 Секвентальна, автоматизована коробка передач SMG (Sequential Manual Gearbox)

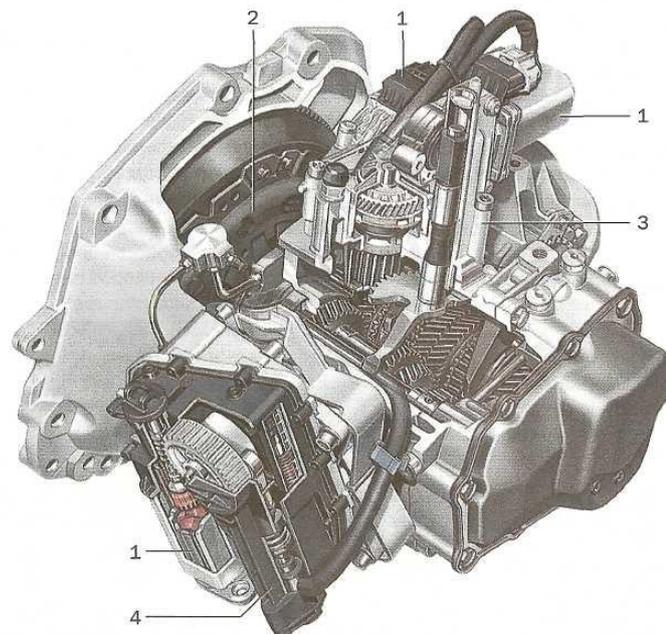


Рис. 8.18 Автоматизована коробка передач Easytronic сконструйована спеціально під управління електронікою: 1 - крокові двигуни; 2 - автоматичне зчеплення, 3 - механізм перемикання передач, 4 - блок управління зчепленням

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 79 / 78</i>

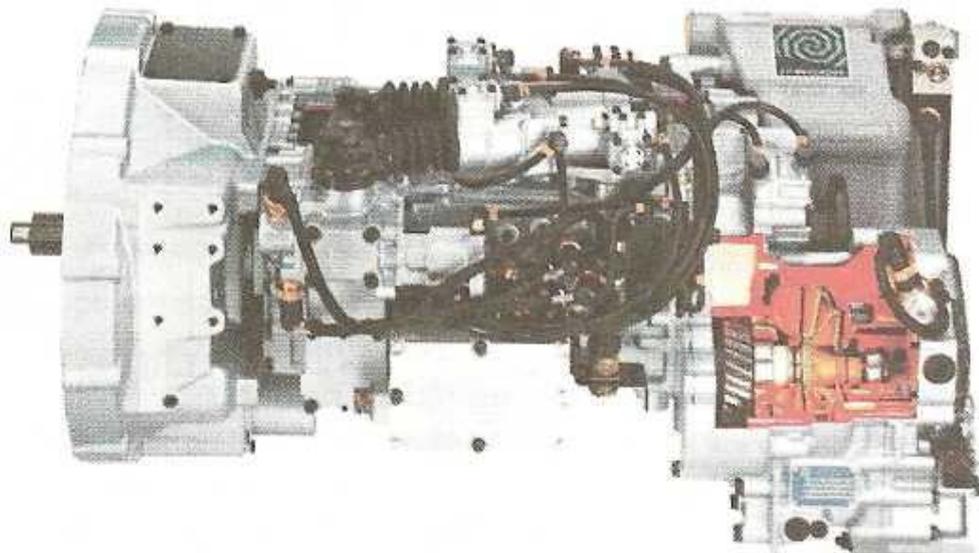


Рис. 8.19 Автоматизована коробка передач Easytronic

**Контрольні запитання:**

- 1 Будова та принцип роботи гідромеханічних КПП.
- 2 Будова та принцип роботи безступінчастих варіаторів.
- 3 Будова та принцип роботи автоматизованих КПП.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.06-05.02/ 274.00.1/Б /ОК20-2024
	Екземпляр № 1	Арк 79 / 79

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Скварок Ю.Ю., Хула В.Д. Автомобілі. Частина II. Трансмісія. Ходова частина. Механізми керування. Лабораторний практикум. – Дрогобич: Редакційно-видавничий відділ Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка, 2010. – 107 с.

2. Рудь Ю.С., Гулівець О.А., Бурдо Ю.Й. Лабораторний практикум з деталей машин: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів освіти // За загальною редакцією професора, доктора техн. наук Ю.С. Рудь. – Кривий Ріг: Мінерал, 2008. – 220 с., з іл.